



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA
DEL PERÚ

Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería de Seguridad Industrial y Minera

**“Prototipo de manillar a base de
Polisopreno para mitigar riesgo físico de
las vibraciones en operadores que
desarrollan actividades de compactación
con apisonador vertical. - Arequipa 2018”**

Autores:

Joan Fred Gordillo Calle
Anibal Americo Chavez Cuellar

Para obtener el Título Profesional de:
Ingeniero de Seguridad Industrial y Minera

Asesora:

Ing. María Elizabeth Bejarano Meza

Arequipa, marzo de 2019

EPÍGRAFE

El conocimiento tiene que ser mejorado, desafiado e incrementado constantemente, o se desvanece.

Peter Drucker.

DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada a personas que hacen parte esencial de mi vida;

Primeramente, a Dios que ha sido mi guía y orientador, abriendo caminos de oportunidades para que yo pueda transitarlos y lograr obtener este título profesional.

A mis padres Víctor Gordillo Villarroel y Amanda Calle Arce por ser el sustento, guías y benefactores de todo lo que logre alcanzar en mi carrera profesional.

A mis hermanos Grace Gordillo Calle y Jairo Gordillo Calle, que son mi ejemplo y quiero que ellos tomen también mi ejemplo, en la construcción de una carrera profesional.

AGRADECIMIENTOS

Mi primer y más grande agradecimiento es a Dios, por darme la oportunidad de estar vivo y cumplir con las metas que me he propuesto sin contratiempos.

A mis padres por enseñarme valores y principios que han hecho de mí una persona de bien, con muchísimas ganas de siempre caminar hacia adelante.

A mis jurados asesores y docentes que con su dedicación y profesionalismo me han ayudado a desarrollar y hacer posible mi trabajo de grado.

A la Universidad Tecnológica del Perú, por abrirme sus puertas para mi preparación y poner en práctica los conocimientos adquiridos por los profesores logrando con satisfacción cada escalón para lograr la meta.

A todos aquellos que de alguna manera aportaron un granito de arena para hacer factible este trabajo de investigación.

ÍNDICE

EPÍGRAFE	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
TABLA DE CONTENIDO	iv
LISTA DE TABLAS	x
LISTA DE FIGURAS	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN.....	xvii
CAPÍTULO I.....	1
GENERALIDADES	1
1.1. Descripción de la realidad problemática.	1
1.1.1. Pregunta principal de investigación.	4
1.1.2. Preguntas secundarias de investigación.....	4
1.2. Objetivos de la investigación.	5
1.2.1. Objetivo general.	5
1.2.2. Objetivos específicos.....	5
1.3. Hipótesis.....	6
1.4. Justificación e importancia.....	6
a) Teórica	6
b) Práctica	7
c) Social.....	7
d) Metodológica	7
1.5. Alcances y Limitaciones.....	7

CAPÍTULO II.....	9
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	9
2.1. Bases teóricas	9
2.1.1. Elastómeros.....	9
2.1.2. Características generales de los elastómeros.....	9
2.1.3. Clasificación de elastómeros	11
a) Elastómeros termoplásticos de poliésteres.....	11
b) Elastómeros iónicos.....	12
2.1.4. Vibraciones.....	13
2.1.5. Tipos de vibraciones.....	14
a) Vibraciones mano-brazo	14
2.1.6. Introducción de Amortiguamiento	17
2.1.7. Medición de vibraciones.	18
2.1.8. Métodos para Reducir las Vibraciones.....	19
2.1.9. Características para Cimentación de Maquinarias.....	20
2.1.10. Vibración en Seres Humanos.....	20
a) Vibración en extremidades superiores.	20
b) Frecuencia en términos de vibración	20
2.1.11. Propiedades del Caucho CLOROPRENO (Neopreno)	22
2.1.12. Polisopreno (caucho natural)	23
a) Características.....	23
b) Usos	23
2.1.13. Movimiento de tierras.....	23
a) Cambios de volumen	24
2.1.14. Consolidación y compactación	25
2.2. Marco conceptual	26
2.2.1. Amortiguamiento	26

2.2.2.	Apisonador	26
2.2.3.	Compactación.....	26
2.2.4.	Contenido de humedad	26
2.2.8.	Peso específico o densidad	27
2.2.9.	Prototipo	27
2.2.10.	Salud ocupacional.....	27
2.2.11.	Vibración mecánica.....	27
2.2.12.	Vibrómetro	27
2.2.13.	Vulcanización.....	28
CAPÍTULO III.....		29
ESTADO DEL ARTE.....		29
3.1.	Antecedentes de la investigación	29
3.1.1.	Sistemas de reducción de ruido y vibración.	29
3.1.2.	Reducción de vibración en construcción de máquinas.....	30
3.1.3.	Impacto de un amortiguador tipo elastómero.	30
3.1.4.	Medición y análisis de vibraciones mecánicas	31
3.1.5.	Mejora de la productividad en operarios que tienen contacto con vibraciones.	32
3.1.6.	Análisis de las vibraciones.....	32
3.1.7.	Riesgos ergonómicos ocasionados por vibraciones.....	33
3.1.8.	Ventajas de las propiedades físico químicas, mecánicas y medio ambientales del Policloropreno.	33
3.1.9.	Programa de prevención en operadores expuestos a vibraciones.....	34
3.1.10.	Vibraciones producidas por maquinaria en la salud de los trabajadores.	34
3.1.11.	Evaluación de riesgo por exposición a vibraciones de cuerpo entero.....	35
3.1.12.	Influencia de vibraciones en el ser humano.....	36
3.1.13.	Medición y evaluación de la exposición a vibraciones.....	36

3.1.14.	Influencia del ruido y vibraciones sobre la fatiga laboral.....	37
3.1.15.	Exposición a vibraciones mano- brazo.	37
3.1.16.	Exposición al riesgo por vibraciones en el segmento mano- brazo.	38
3.1.17.	Ruido laboral y vibraciones.	38
3.1.18.	Control de la exposición a vibraciones en operadores.	39
3.1.19.	Evaluación de vibraciones en trabajadores.	39
3.1.20.	Herramientas que emiten vibraciones en operadores.	40
3.1.21.	Relación de la exposición a vibraciones.....	40
3.1.22.	Exposición laboral a vibraciones mano- brazo y cuerpo entero.	41
3.1.23.	Efectos de la exposición ocupacional a vibraciones.	41
3.1.24.	Riesgos físicos por vibraciones en operadores.	42
3.1.25.	Mitigación de vibraciones mediante DNS.	42
CAPÍTULO IV		43
METODOLOGÍA Y DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....		43
4.1.	Metodología de la Investigación.....	43
4.1.1.	Método de la investigación.....	43
4.1.2.	Diseño de la investigación	44
4.2.	Descripción de la investigación.....	45
4.2.1.	Estudio de caso	48
4.2.2.	Población.....	48
4.2.3.	Muestra	48
4.2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	49
a)	Técnicas.....	49
b)	Instrumentos.....	50
4.3.	Variables de la investigación	52
4.3.1.	Variable independiente	52
4.3.2.	Variable dependiente.....	52

4.3.3. Operacionalización de variables	53
CAPÍTULO V	55
DESARROLLO DE LA TESIS.....	55
5.1. Mediciones de vibraciones como línea base.	55
5.2. Evaluación de propiedades mecánicas, físicas, químicas y ambientales de materiales elastómeros.	56
5.3. Comportamiento ambiental de los elastómeros (Polisopreno, Cloropreno y Nitrilo).	59
5.4. Características del apisonador a utilizar	61
5.5. Diseño y Proceso de fabricación del prototipo	62
5.5.1. Diseño y Fabricación de manillar.	62
5.5.2. Diseño en AutoCAD.....	63
5.5.3. Elaboración de Molde para Doblado de Eje.	64
5.5.4. Composición del Eje con Polisopreno.....	65
5.5.5. Fabricación de Abrazaderas y Pernos.	66
5.6. Características de Medidor de Vibración.	66
5.6.1. Inicio de funcionamiento del Medidor de Vibraciones.	67
5.6.2. Significado de Barra de Menú del Medidor de Vibraciones.	67
5.6.3. Evaluación de Vibraciones.....	68
5.6.4. Medición.	68
5.7. Costos del diseño y fabricación del prototipo de manillar a base de Polisopreno. ...	70
CAPÍTULO VI	72
RESULTADOS E INTERPRETACIÓN.....	72
6.1. Resultados de Medición de vibración de diferentes materiales.	73
A. Polisopreno natural- NR	73
B. Medición de vibración, nitrilo.....	74
C. Medición de vibración Policloropreno.....	76

6.2. Comparación de mediciones de los diferentes prototipos	77
6.3. Comprobación de hipótesis (t de student).....	79
CONCLUSIONES	83
RECOMENDACIONES	85
ANEXOS.....	87
ANEXO 1. MEDICIONES.....	87
Reporte de Medición Sin Prototipo II.....	89
ANEXO 2- Certificado de calibración de vibrómetro.....	111
ANEXO 3- Plano de fabricación de manillar.....	112
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Efectos perjudiciales de las vibraciones en el hombre	3
Tabla 2. Clasificación de las herramientas, equipos, máquinas en relación con la aparición del síndrome del dedo blanco	15
Tabla 3. Niveles de vibración.	16
Tabla 4 Metodología para la medición de vibración.	50
Tabla 5. Operacionalización de variables.....	53
Tabla 6. Medición de vibración sin prototipo.	54
Tabla 7 Comparación de las propiedades mecánicas, físicas, químicas y ambientales del Polisopreno, Cloropreno y Nitrilo	57
Tabla 8 Impacto ambiental de los elastómeros	59
Tabla 9. Características de apisonador vertical.....	60
Tabla 10. Características de los prototipos.	64
Tabla 11. Simbología y definiciones de vibrómetro.	68
Tabla 12 Estructura de costos de diseño fabricación de prototipo de manillar	70
Tabla 13. Medición de vibraciones en RM.	72
Tabla 14. Medición de vibraciones en nitrilo.	73
Tabla 15. Medición de vibración policloropreno.	75
Tabla 16. Comparación de mediciones de los diferentes prototipos.....	76
Tabla 17. Datos de medición.	79
Tabla 18 Datos de mediciones con y sin prototipo.	80
Tabla 19 Media y varianza de los grupos.....	80
Tabla 20 Confiabilidad	80
Tabla 21 Resultados t de student.....	81
Tabla 22. Reporte de medición sin manillar.	86
Tabla 23.Reporte de medición sin prototipo (II).....	88

Tabla 24. Reporte de Medición Sin Prototipo III.	91
Tabla 25. Reporte de Medición Polisopreno I.	93
Tabla 26. Reporte de Medición Polisopreno II.....	95
Tabla 27. Reporte de Medición Polisopreno III.....	97
Tabla 28. Reporte de Medición Nitrilo I.	99
Tabla 29. Reporte de Medición Nitrilo II.	101
Tabla 30. Reporte de Medición Nitrilo III.	103
Tabla 31. Reporte de Medición Policloropreno I.....	105
Tabla 32. Reporte de Medición Policloropreno II.....	107
Tabla 33. Reporte de Medición Policloropreno III.....	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Vibración Mecánica.....	13
Fig. 2. Direcciones de los ejes de vibraciones mecánicas trasmitidas al sistema de mano brazo	14
Fig. 3. Elementos de un equipo de medición de vibración	18
Fig. 4. Sistema de coordenadas para las manos.	19
Fig. 5. Ocupaciones en las que son más frecuentes las vibraciones en el puesto de trabajo	21
Fig. 6. Ocupaciones en las que son más frecuentes las vibraciones en el puesto de trabajo	21
Fig. 7. Movimiento de Tierras.....	24
Fig. 8. Compactación de Suelos	25
Fig. 9. Etapas en la evaluación de la exposición a vibraciones por medición	46
Fig. 10. Vibrómetro.	50
Fig. 11. Medición de Vibraciones sin prototipo.	56
Fig. 12. Apisonador Vertical.	61
Fig. 13. Partes de Compactadora/ Apisonador.....	62
Fig. 14. Dibujo de diseño digital de manillar en 3D.	63
Fig. 15. Vulcanización de Manillar.....	64
Fig. 16. Sujeción de Manillar.....	65
Fig. 17. Medidor de vibraciones SVANTEK SV106 A.....	67
Fig. 18. Ubicación de sensor durante la operación.	69
Fig. 19. Medición de vibración en RM.	72
Fig. 20. Medición de vibración en nitrilo.	74
Fig. 21. Medición de vibración Policloropreno.....	75
Fig. 22. Comparación de mediciones de los diferentes prototipos.....	77

RESUMEN

El presente estudio de investigación tiene como objetivos elaborar, desarrollar y evaluar un prototipo de manillar a base de Polisopreno para reducir las vibraciones ocasionadas por el apisonador vertical utilizado en la compactación de obras civiles del sector de la construcción en Arequipa. Se ha evaluado las propiedades físico químicas, mecánicas de los tres tipos de elastómeros: Polisopreno (Caucho Natural), Nitrilo (Caucho), Policloropreno (Neopreno), que cumpla con todos los requerimientos de resistencia, amortiguamiento y endurecimiento (Según hoja técnica), acorde al Apisonador vertical, la cual se ha utilizado para la minimización de exposición a la vibración. Para el desarrollo y ejecución del este prototipo de manillar se siguió y se tomaron en cuenta ciertas sucesiones de pasos. Concluyendo que los resultados obtenidos durante la medición se promediaron de todas las muestras que se consiguieron en campo en la cual el Polisopreno (11.56 m/s^2) presentó más efectividad en la absorción de vibraciones en comparación con los otros materiales, los resultados obtenidos se complementaron con tablas en las cuales se detallan el tiempo de medición, terreno compactados y se adjuntaron gráficas. De acuerdo a lo desarrollado anteriormente se presenta esta investigación estructurada en los siguientes capítulos: Capítulo I: generalidades de la investigación. Presentando la descripción de la realidad

problemática, la formulación del problema, los objetivos, las hipótesis, su justificación y, los alcances y limitaciones. Capítulo II: Marco Teórico. Desglosando las bases teóricas y la conceptualización de términos básicos. Capítulo III: abordando los estados de arte. Capítulo IV: Metodología y desarrollo de la investigación. Comprendiendo el enfoque y tipo de investigación según el nivel y el diseño del estudio, la población, muestra y estudio de caso, y las variables. Capítulo V: Desarrollo de la tesis. Presentando la propuesta de la investigación y el desarrollo la misma, involucrando cálculos y materiales utilizados. Capítulo VI: Resultados e interpretación. Mostrando los resultados obtenidos con el desarrollo de la tesis, incluyendo cálculos, evaluaciones, interpretación de tablas, gráficas y discusión. Capítulo VII: Conclusiones y recomendaciones. Explicando las conclusiones y recomendaciones obtenidas una vez realizada la investigación.

Palabras clave: Vibración, Elastómeros, Riesgos Físicos, Obras Civiles, Apisonador Vertical.

ABSTRACT

The objective of this research study is to develop, develop and evaluate a prototype of a handlebar based on polyisoprene to reduce the vibrations caused by the vertical rammer used in the compaction of civil works in the construction sector in Arequipa. The physical, chemical and mechanical properties of the three types of elastomers have been evaluated: Polyisoprene (Natural Rubber), Nitrile (Rubber), Polychloroprene (Neoprene), which meets all the requirements for strength, damping and hardening (According to technical sheet), according to the Vertical Rammer, which has been used to minimize exposure to vibration. For the development and execution of this handlebar prototype, certain successions of steps were followed and taken into account. Concluding that the results obtained during the measurement were averaged of all the samples that were obtained in the field in which the Polyisoprene (11.56 m / s²) showed more effectiveness in the absorption of vibrations compared to the other materials, the results obtained were complemented with tables in which are detailed the measurement time, compacted terrain and graphs were attached. According to what was previously developed, this structured research is presented in the following chapters: Chapter I: generalities of research. Presenting the description of the problematic reality, the formulation of the problem, the objectives, the hypothesis, its

justification and the scope and limitations. Chapter II: Theoretical Framework. Breaking the theoretical bases and the conceptualization of basic terms. Chapter III: addressing the states of art. Chapter IV: Methodology and development of research. Understanding the approach and type of research according to the level and design of the study, the population, sample and case study, and the variables. Chapter V: Development of the thesis. Presenting the research proposal and the same development, involving calculations and materials used. Chapter VI: Results and interpretation. Showing the results obtained with the development of the thesis, including calculations, evaluations, interpretation of tables, graphs and discussion. Chapter VII: Conclusions and recommendations. Explaining the conclusions and recommendations obtained after the investigation.

Keywords: Vibration, Elastomers, Physical Risks, Civil Works, Vertical Rammer.

INTRODUCCIÓN

En las actividades del sector civil, se encuentran comprometidos con la utilización de “Compactador o Apisonador Tipo Canguro”, herramienta que requiere de un motor que expone a operarios a vibraciones, es utilizado en construcción de Aeropuertos, Vías, Carreteras, Vías férreas, Puertos, Puentes, entre otras obras civiles. En una jornada laboral los operadores pasan más de 8 horas de trabajo que implica un contacto con las herramientas que originan vibraciones, lo cual es un elemento importante para el inicio de enfermedades como Síndrome de Reynaud, Síndrome de Túnel Carpiano, etc.

En investigaciones realizadas a lo largo del tiempo, se tiene conocimiento que las vibraciones causan efectos sus repercusiones a mediano o corto plazo. Los controles de ingeniería que se tiene conocimiento a la actualidad es la de interponer entre la fuente y el operario un sistema de amortiguación cuya efectividad no genera resultados para el operario, por ello es importante mejorar y acrecentar los estudios e información que se ya se tiene conocimiento.

En el Perú no se han encontrado antecedentes de estudios relacionados para encapsular las vibraciones en el uso de herramientas mecánicas y en la cual dichas herramientas son muy usadas en el sector civil. Tampoco existe legislación específica

ni ningún ente que fiscalice, regulen en nuestro país las consecuencias que proviene en el contacto maquina hombre.

La investigación de este trabajo propone minimizar el riesgo físico producido por la vibración en el uso de herramientas a través de un control de ingeniería, acoplándolo a la herramienta y así reducir la causa de una enfermedad ocupacional, donde la vibración viene a ser una de las causas principales de los adultos mayores, desencadenando discapacidades que no se presentarían solo por la edad de ellos [1].

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1. Descripción de la realidad problemática.

A partir de la década de 1950 comenzó a crecer aceleradamente en el ámbito de obras civiles y básicamente en Lima, sucesivamente en el resto de las ciudades del Perú, por lo que se le dio envergadura al ahorro de espacio, edificaciones y los precios de terrenos, a la par de ello las poblaciones comienzan a ser mayores, las tasas de natalidad comienzan a sacar diferencia de las de mortalidad, por ello se ve ineludible la edificación de conglomerados habitacionales.

La migración interna que se dio en el país desde aquella década a la actualidad origino edificaciones civiles (puentes, carreteras, pistas, complejos habitacionales, etc.) En las ciudades más importantes del país, en la cual se generaron miles de puestos de trabajo y la adquisición de miles de herramientas mecánicas en las cuales no había ninguna barrera entre Maquina- Hombre.

Los apisonadores son ideales para trabajar en suelos cohesivos. Su uso es común en obras de construcción porque a diferencia de otros equipos de compactación, con este se obtiene un terreno más denso. El diseño en vertical de los apisonadores permite la compactación óptima de zonas estrechas como zapatas, drenajes y tuberías.

Los riesgos con respecto a la salud, que ocurren con el trabajo se han descrito desde la antigüedad. En 1699-1700, Ramazzini en su libro *De Morbis Artificum Diatriba*, manifestó que existían más de 50 enfermedades que tenían relación absoluta con el trabajo en la cual están incluidos la vibración hay que subrayar la importante correlación que hay entre la salud y el trabajo. Las diversas limitaciones con que se encuentran sean recursos económicos, desinterés, falta de estudios o antecedentes en la elaboración de controles de ingeniería para mitigar los riesgos que se producen en el área de trabajo.

La vibración es un factor de riesgo que tiene altos porcentajes de aparecer con mayor frecuencia al corto o mediano plazo en el sector civil, minero, industrial.

Los efectos que actualmente causan las vibraciones en la humanidad de una persona dependen de su frecuencia, amplitud y lugar donde se manifiestan.

Las vibraciones con una frecuencia menor a 1 Hz, tienen incidencia en todo el cuerpo, originando ciertos factores de riesgos. Es el caso bien conocido de los mareos ocasionados por el movimiento de balanceo de los barcos, o de otros medios de transporte.

Existen vibraciones que se encuentran entre 1 y 80 Hz, que normalmente afectan todo el cuerpo, ocasionando lumbagos, hernias, pinzamientos discales y lesiones raquídeas, y otros síntomas neurológicos tales como la dificultad para mantener el equilibrio. Estas vibraciones, y otras lesiones, se tienen repetidamente en lugares de trabajo en el cual se encuentran conductores de vehículos de diversos tipos, pero también puede darse en casos de permanencia, sentado o de pie, sobre plataformas sometidas a vibración.

De igual manera, existen vibraciones que superan los 1500 Hz las cuales pertenecen a equipos manuales rotativas o alternativas y su incidencia en la mano- brazo. Estas lesiones se presentan comúnmente en las muñecas, codo y otras alteraciones como angineuróticas que se encuentran en mano como calambres o trastornos en la

sensibilidad. La manifestación más frecuente es el síndrome de Raynaud o de dedo blanco inducido por vibración (DBV).

Los efectos de vibraciones que desarrollan actividades de obras civiles hacen referencia de las particularidades de las vibraciones (aceleración y frecuencia), es por eso, que, de la duración de la exposición, de la parte del cuerpo afectada (todo el cuerpo o el sistema mano-brazo) depende de la amplitud del movimiento vibratorio respecto al cuerpo.

A nivel internacional se han realizado estudios del impacto que las herramientas mecánicas tienen sobre el operador a través del uso de Vibrómetro, comprobando la relación causa efecto a la exposición de ambas, sin embargo, no se tiene estudios ni controles que mitiguen la fuente en el uso de herramientas mecánicas.

Tabla 1. Efectos perjudiciales de las vibraciones en el hombre

<i>Frecuencia de la vibración</i>	<i>Origen de las vibraciones (Máquina, herramienta, vehículo, etc.)</i>	<i>Incidencia sobre el organismo</i>
Muy baja frecuencia < 1 Hz	Transporte: avión, coche, barco, plataformas flotantes, tren (movimientos de balanceo).	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estimulan el laberinto del oído izquierdo. 2. Pueden producir mareos y vómitos (mal propio de los transportes). 3. Provocan trastornos en el sistema nervioso central.
Baja Frecuencia 1-20 Hz	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vehículos de transporte para pasajeros y/o mercancías. 2. Tractores y maquinaria agrícola. 3. Vehículos industriales, carretillas, elevadores, etc. 4. Maquinaria y vehículos de movimientos de tierra (escavadoras, bulldozers, etc.) 5. Maquinaria forestal, de minas y canteras. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lumbalgias, hernias, pinzamientos discales, lumbociáticas. 2. Síntomas neurológicos: variación del ritmo cerebral, dificultad en el equilibrio. 3. Trastornos de visión por resonancia. 4. Agravan lesiones raquídeas menores e inciden sobre trastornos propios de malas posturas.

Alta frecuencia 20-1000 HZ	<ol style="list-style-type: none"> 1. Herramientas a motor manuales rotativas, alternativas o percutoras tales como: pulidoras, lijadoras, moledoras, motosierras, martillos neumáticos, picadores, rompedores y perforadores. 2. Equipos con piezas vibrantes: amolado de columna, cortacésped, compactadoras de carreteras. 	<p>Trastornos ósteo-articulares objetivables radiológicamente:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Artrosis hiperostósante de codo. 2. Lesiones de muñeca. <p>Afecciones angioneuróticas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Aumento de la incidencia de enfermedades de estómago. 2. Afecciones angioneuróticas de la mano tales como calambres.
----------------------------	---	--

Fuente: Elaboración Propia.

1.1.1. Pregunta principal de investigación.

¿De qué manera y cuáles serían las ventajas del diseño de Prototipo de Manillar con material de Polisopreno con características físico-químicas, mecánicas y ambientales que sirva para mitigar y reducir los riesgos físicos causados por las vibraciones, originadas por la operación de apisonador vertical?

1.1.2. Preguntas secundarias de investigación.

- ¿Cuáles son los valores de la medición inicial de la vibración en el apisonador sin la implementación del manillar?
- ¿Evaluar el polisopreno y otros polímeros alternativos que se puede utilizar para reducir la vibración considerando las propiedades físicas, químicas, mecánicas y ambientales para la fabricación del prototipo-manillar?
- ¿Cómo diseñar y armar el manillar del apisonador vertical con el material seleccionado técnicamente y que costos beneficios generará?
- ¿Cuál será el valor de la medición de la vibración cuando este el prototipo del manillar colocado en el apisonador vertical durante las pruebas?

- ¿De qué manera se pueden comparar los resultados obtenidos con los de la línea base para comprobar la mitigación o reducción de vibraciones en operadores?

1.2. Objetivos de la investigación.

1.2.1. Objetivo general.

Diseñar y evaluar un prototipo de manillar con el material Polisopreno con características físico-químicas, mecánicas y ambientales para mitigar o reducir el riesgo físico de las vibraciones en operadores que desarrollan actividades de compactación con la utilización del apisonador vertical en obras civiles del sector de la construcción en Arequipa.

1.2.2. Objetivos específicos.

- Realizar mediciones de la vibración que produce el apisonador vertical en uso de compactación como línea base.
- Evaluar las propiedades físicas, químicas, mecánicas y ambientales de tres diferentes materiales (polímeros) para seleccionar un polímero idóneo para la reducción de la vibración.
- Diseñar el prototipo para el manillar del apisonador vertical con el material seleccionado técnicamente e indicar el costo beneficio generado.
- Medir la vibración con el prototipo de manillar montado y el elastómero seleccionado abrazado, en igualdad de condiciones (longitud de terreno)
- Comparar los resultados obtenidos con los de la línea base para comprobar la mitigación o reducción de vibraciones en operadores.

1.3. Hipótesis.

Es probable que, al diseñar un prototipo de manillar con un material de polímero Polisopreno, con características físico-químicas, mecánicas y ambientales, reduzca el riesgo físico de las vibraciones mitigando la exposición de los operadores al uso del apisonador vertical en actividades de compactación en obras civiles del sector de la construcción en Arequipa.

1.4. Justificación e importancia

El motivo de la actual investigación es la problemática presente hoy en día debido al gran auge de obras civiles y contando con más incidencia en construcciones con área pequeñas usando para estos trabajos el apisonador vertical y por este motivo se busca reducir el impacto de las vibraciones producidas sobre el potencial humano a través de una reingeniería de la maquina en estudio ya, que, hoy en día no tenemos algún mecanismo que ayude a reducir el impacto del uso del apisonador vertical en el hombre; Esto a su vez permitirá lograr un aumento de producción, asimismo, los operadores se sentirán más motivados al ver que se está tomando en cuenta las problemáticas presentes.

Esta investigación pretende reducir los riesgos de exposición a la vibración, en el manejo de la Apisonadora Vertical en las obras civiles.

a) Teórica: Este estudio aportará nuevos conocimientos a otras investigaciones sobre las técnicas utilizadas para el diseño del prototipo de manillar a base de polisopreno para minimizar las vibraciones a las que se puede encontrar expuesto el cuerpo humano, incorporando conocimientos que serán demostrados con los resultados obtenidos.

- b) **Práctica:** De igual manera, se justifica de manera práctica porque, se tiene la necesidad de minimizar las vibraciones a las que se encuentran expuestos los trabajadores con el uso de un manillar a base de polisopreno, siendo este manillar de gran utilidad para reducir las vibraciones y evitar los factores de riesgo que estas generan.
- c) **Social:** Prevenir riesgos físicos y futuras enfermedades en los trabajadores (Empresas de construcción), lo cual servirá de aporte y tendrá impacto social en los diversos contextos laborales.
- d) **Metodológica:** La evaluación del material a emplear, que reúna las características comparando con otros materiales similares aportará los procedimientos y el sustento teórico para el desarrollo de cualquier estudio que tenga relación con el tema, ya que, se empleó el polisopreno como técnica innovadora para el diseño del prototipo.

1.5. Alcances y Limitaciones

Geográfico. El trabajo de investigación se ha llevado a cabo en la edificación del Proyecto Certus- Arequipa desarrollado en la región de Arequipa, en el área de Movimiento de tierras y aplicación de concreto y mortero en la empresa “PAVIMENTOS Y SERVICIOS GENERALES S.A.C.”

Temporal. La investigación se ha llevado a cabo por un tiempo de tres meses, el mismo que se inició en el mes de octubre y se ha culminado en diciembre del 2018.

Temático. El tema de investigación este centrado en la evaluación desde el material elastómero a utilizar, sus características y realizar el monitoreo ocupacional del riesgo físico por la Exposición a vibración por los trabajadores del sector de construcción civil.

Como limitaciones se puede nombrar lo siguiente:

- Falta de antecedentes y/o estudios para el diseño y desarrollo del Proyecto propuesto.
- Insuficiencia información sobre avances técnicos en relación a proporcionar un menor impacto al hombre en el uso de máquinas vibraciones.
- Los altos costos que involucra para el diseño del Prototipo.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Bases teóricas

2.1.1. Elastómeros

Elastómero significa simplemente "caucho" [Franta, 1989]. Entre los polímeros elastómeros se encuentran el polisopreno o caucho natural, el polibutadieno, el polisobutileno, y los poliuretanos. La particularidad de los elastómeros es que de acuerdo a su longitud se estiran, para posteriormente regresar a su estado natural sin provocar deformaciones [1].

2.1.2. Características generales de los elastómeros

Dentro de los poliméricos se encuentran los elastómeros, los cuales suelen presentar mucha elasticidad de acuerdo a los esfuerzos que se realicen sobre él, de esta manera suelen presentar deformaciones que a la final terminan recuperando su estado natural. Por esta propiedad es que la naturaleza del caucho, en su estructura amorfa, en la alta flexibilidad de sus cadenas, en las débiles interacciones entre ellas y en los entrecruzamientos creados en el proceso de vulcanización [1]. De acuerdo a este proceso el

caucho crudo, el cual está conformado por un material plástico, se convierte en otro material completamente elástico, que se da con la creación de uniones por cada cien o doscientos átomos de carbono entre las cadenas poliméricas. Por eso, es necesario, formar entrecruzamientos químicos (Principalmente a través la reacción con azufre o peróxidos orgánicos) o físicos entre las cadenas poliméricas lineales para formar una red tridimensional que proporcione las propiedades típicas de un caucho. En general, el término elastómero se utiliza en relación al caucho vulcanizado y a veces al caucho en general, tanto crudo como vulcanizado [1].

Los elastómeros tienen su origen en lo entrópico. Las cadenas macromoleculares, que se forman tras la vulcanización con una red tridimensional, tienden a perder la entropía conformacional por ser estiradas. Es por esto que, cuando acaba la fuerza aplicada ellos vuelven a su estado natural sin deformarse con la fuerza elástica.

Las propiedades de elasticidad de los elastómeros tienen que ver mucho con la temperatura, siempre que esta se encuentre por encima de su temperatura de transición vítrea (T_g), ya que, en ese caso, el polímero se encontrará en estado amorfo volviendo a su forma original cuando termine la carga aplicada para deformarlo. Generalmente, los cauchos poseen valores de T_g inferiores a 0°C.

Los elastómeros se utilizan en numerosas aplicaciones, como neumáticos, tubos y mangueras, suelas de zapato, recubrimiento de cables eléctricos, válvulas, juntas, bandas transportadoras, amortiguadores, suelos, impermeabilizaciones o adhesivos, tal y como se muestra en la Figura. Dependiendo de la aplicación final, se selecciona un caucho u otro atendiendo a su estructura química y propiedades.

Tradicionalmente, los cauchos se dividen en dos grandes grupos. Por un lado, están los cauchos de uso general, como el caucho natural (NR) y aquellos cauchos sintéticos con aplicaciones similares, como el polisopreno sintético (IR), el caucho de poli (estireno-butadieno) (SBR) y el caucho de butadieno (BR). Por otro lado, están los cauchos sintéticos para usos especiales, tienen una propiedad que los hace

adecuados para una aplicación en concreto. En este último grupo se encuentran los cauchos de etileno-propileno (EPM y EPDM), se utilizan en juntas, cercos de ventanas, etc. Ya que, su resistencia a la intemperie y al envejecimiento, los cauchos resistentes a disolventes, como el caucho nitrílico (NBR) o caucho de poli cloropreno (CR), los cauchos resistentes a la temperatura (siliconas y cauchos fluorados) o los resistentes a agentes químicos.

2.1.3. Clasificación de elastómeros

a) Elastómeros termoplásticos de poliésteres.

Los elastómeros termoplásticos de poliésteres tienen una estructura alternante con segmentos blandos, amorfos y fácilmente deformables, a base de politereftalatos de dioles de cadena larga con grupos terminales OH, y segmentos rígidos y cristalinos a base de poliésteres de dioles de cadena corta. Los microcristales presentes en la estructura actúan como puntos de entrecruzamientos que se funden a la temperatura de procesamiento teniendo un fundido polimérico que, tras ser conformado, mantiene su forma después del enfriamiento debido a la re-cristalización de los segmentos duros. Estos elastómeros tienen una gran resistencia a la tracción y a la fatiga por flexión, buena resiliencia y resistencia a la abrasión, y mantienen su flexibilidad hasta temperaturas más bajas que los poliuretanos. Además, tienen gran resistencia a aceites y a disolventes hidrocarbonados alifáticos y aromáticos. Normalmente se aplican en el sector de los adhesivos, además también pueden ser aplicados en la fabricación de mangueras hidráulicas, acoplamientos flexibles o correas dentadas de transmisión.

b) Elastómeros iónicos.

Los elastómeros iónicos tienen grupos capaces de ionizarse estos se encuentran incorporados en la propia estructura de las cadenas poliméricas (por ejemplo, grupos carboxílicos o sulfónicos) en cantidades inferiores del 15% del material. Estos grupos reaccionan con un catión metálico produciéndose un entrecruzamiento iónico termolábil. Estos materiales se encuentra el caucho nitrílico carboxilado (XNBR), en cuya síntesis se emplea una pequeña cantidad de ácido acrílico o metacrílico como tercer monómero. Los grupos ácidos presentes en el XNBR se neutralizan con iones metálicos como pueden ser Na^+ , Mg^{2+} o Zn^{2+} , proporcionando uniones iónicas que tienden a agregarse debido a la diferencia de polaridad con respecto a las cadenas hidrocarbonadas de la matriz elastomérica. Los agregados iónicos tienden a minimizar la movilidad de los segmentos de cadenas adyacentes a estos, formando dominios iónicos con caucho inmovilizado en su interior. Cuando hay gran proporción, este caucho inmovilizado posee su propia transición térmica, denominada transición iónica, por encima de la cual las cadenas elastoméricas se encuentran en estado “gomoso”. Los dominios iónicos actúan como entrecruzamientos que proporcionan la elasticidad al material, mientras que el caucho atrapado ejerce una función similar a las cargas reforzantes, lo que explica el excelente comportamiento a tracción de estos cauchos a temperatura ambiente.

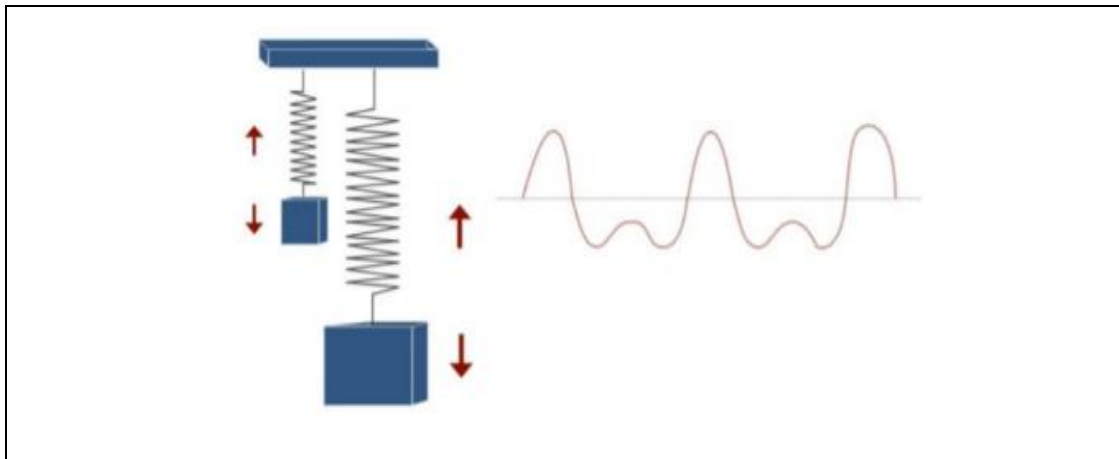
Cuando su temperatura es muy alta (por encima de la transición iónica), el caucho atrapado genera una mayor movilidad y los enlaces iónicos maximizan su dinámica, lo que reconoce a la cadena elastomérica ir “saltando” de un enlace iónico a otro. Por tanto, los cauchos iónicos son reprocesables al aumentar la temperatura. Cuando el material se enfría, la movilidad es mínima y los enlaces iónicos vuelven a reorganizarse, formando los dominios iónicos rígidos para “adaptarse” a la nueva forma y dando lugar a una estructura estable.

Las aplicaciones primordiales de los elastómeros iónicos se dan en las suelas de zapato, adhesivos, mangueras de jardín, filmes para empaquetamiento y sellado en caliente, boyas, etc., gracias a la resistencia de abrasión y adhesión que tiene.

2.1.4. Vibraciones

Las vibraciones son movimientos que ocurren en cuerpos sólidos que tienen una posición de equilibrio, sin tener desplazamiento en el momento en que ocurre la vibración. Si el equipo que vibra está en contacto directo con la humanidad de una persona, puede haber intercambios de energía a través de esta vibración. Cabe resaltar que toda energía que suele ser absorbida por el organismo, tiende a ocasionar efectos contraproducentes en él, dependiendo de la intensidad de la vibración que lo causo [2].

Fig. 1. Vibración Mecánica



Fuente: Guía de vibraciones mecánicas [3, p. 41].

En cuanto a la higiene ocupacional, la vibración suele ser el movimiento que tiene incidencia sobre el hombre en el contexto laboral de este, afectando las estructuras y receptores que son distintos al oído. En el Convenio 148 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), el término vibración se describe como “toda vibración

transmitida al organismo humano por estructuras sólidas que sea nociva para la salud o entrañe cualquier otro tipo de peligro”.

2.1.5. Tipos de vibraciones

Las vibraciones pueden clasificarse en:

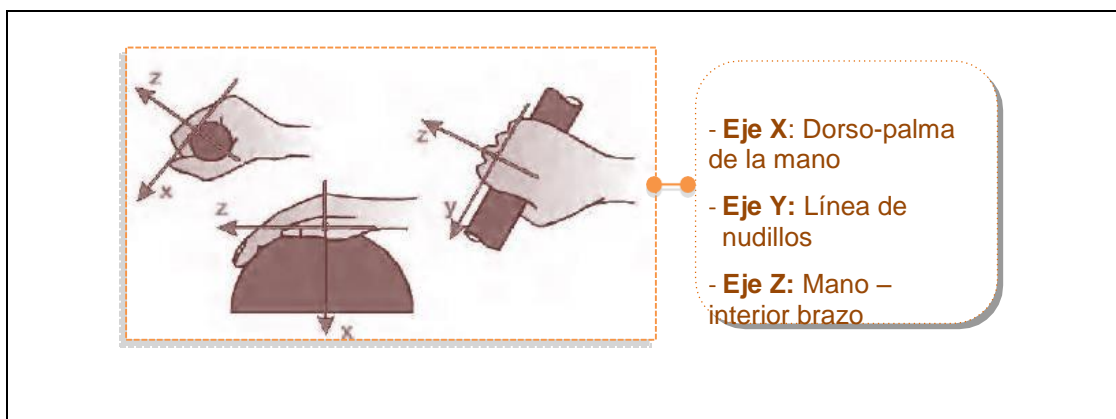
- Vibraciones globales o de cuerpo completo
- Vibraciones parciales

a) Vibraciones mano-brazo

La definición que nos da la Norma ISO 5349 es cuando los operarios se exponen a este tipo de vibraciones se originan problemas permanentes como por ejemplo síndrome de los dedos blancos, también ocasiona daños a las articulaciones y músculos de mano y brazo... [4].

“Según la Norma ISO 5349 la vibración depende de tres ejes de dirección en los ejes x, y, z. Esta vibración entre comprendida entre las frecuencias de 12 y 16 Hz” [4].


Fig. 2. Direcciones de los ejes de vibraciones mecánicas transmitidas al sistema de mano brazo



Fuente: Guía de Vibraciones Mecánicas [3, p. 39]

Este síndrome de los dedos blancos se refiere propiamente a que por las vibraciones que se expone las manos estas vibraciones hace que no circule correctamente la sangre hacia las zonas de las manos.








Tabla 2. Clasificación de las herramientas, equipos, máquinas en relación con la aparición del síndrome del dedo blanco

Herramientas/equipos/máquinas que presentan un nivel de aceleración eficaz igual o inferior a 3 m/s² y cuya utilización supone un riesgo mínimo para la persona que las utiliza.		Menos
Herramientas/equipos/máquinas con niveles de vibración equivalentes a valores de aceleración eficaz comprendidos entre 3 y 10 m/s² , en las que el riesgo está directamente relacionado con el tiempo de exposición.		
La utilización de máquinas que presentan niveles de vibración superiores a 10 m/s² , incluidas en el tercer grupo, se considera que presenta un riesgo considerable para el trabajador/a.		Más riesgos

Fuente: Guía de vibraciones mecánicas [3, p. 40].

Las vibraciones en el humano para las Normas ISO toman como parámetro la aceleración (m/s²).

Tabla 3. Niveles de vibración.

Equipo de trabajo	Nivel de vibración en Continuo (m/s^2)	Descripción
<p>Martillos rompedores</p> 	20-30	Máquinas accionadas hidráulica o neumáticamente, que generan vibraciones de elevada amplitud y con frecuencias siempre en el rango bajo, dependientes de la aplicación.
<p>Máquinas para compactación ligera</p> 	10-20	Máquinas de compactación, accionadas fundamentalmente por motores de combustión interna gasolina o diesel, que generan vibración a partir de elementos de transmisión mecánica.
<p>Vibradores de hormigón</p> 	2-5	Sistemas accionados por motores eléctricos o neumáticos, que transmiten el movimiento rotativo hasta la unidad de agujas vibrantes, habitualmente mediante ejes flexibles de acero dentro de mangueras de goma.
<p>Reglas vibrantes</p> 	6	Sistemas generadores de vibración mediante masas excéntricas accionadas por motores de combustión interna o eléctrica.
<p>Cortadoras, tronzadoras, rozadoras</p> 	2,5-5	Máquinas accionadas eléctricamente, que generan vibraciones de baja amplitud asociadas a la velocidad de giro del disco de corte.
<p>Máquinas para operaciones de acabado</p> 	2-4	Fratasadoras, pulidoras, pintabandas, etc. accionadas por motores eléctricos o de combustión interna.
<p>Amoladora</p> 	1-15	Máquina herramienta, que consiste en un motor eléctrico a cuyo eje de giro se acoplan en ambos extremos discos sobre los que se realizan diversas tareas, según sea el tipo de disco que se monten en la misma.

Fuente: Guía de vibraciones mecánicas [3, p. 13]

2.1.6.Introducción de Amortiguamiento

El amortiguamiento es muy frecuentemente olvidado para simplificar el análisis de un sistema, los sistemas mecánicos reales tienen amortiguamiento. El amortiguamiento resulta de mucha ayuda en la gran mayoría de los casos presentes en el día a día, sistemas como los parachoques de los carros y en diferentes instrumentos de medida de vibraciones, el amortiguamiento debe ser introducido para satisfacer los requerimientos funcionales.

En diferentes aplicaciones de tipo estructural, también es posible introducir amortiguamiento a través de uniones. Como, por ejemplo, las uniones atornilladas o utilizando remaches, ya que permiten un cierto deslizamiento entre áreas, estos disipan más energía (esfuerzos) en comparación con las uniones soldadas. Por lo tanto, esto aumenta el amortiguamiento de una estructura (su capacidad de disipación de energía) esto resulta más recomendable en las diferentes uniones atornilladas o remachadas. Este tipo de uniones reducen la rigidez del sistema y generan mayores problemas de corrosión como consecuencia de las partículas que se desprenden, debido precisamente a ese deslizamiento en la unión. Pese a todo, si se precisa diseñar una estructura con un valor alto del amortiguamiento, estas uniones deben ser una posibilidad a tener en cuenta.

Otra posibilidad es hacer uso de materiales visco elásticos que proporcionan valores muy altos de amortiguamiento interno. Cuando se emplean este tipo de materiales en el control de vibraciones, se les hace estar sometidos a la acción de tensiones de cortante o tensiones principales. Existen diferentes tipos de disposiciones. La más sencilla es colocar una capa de material visco elástico sujeta a otra de material elástico. Otra, más habitual y que da muy buenos resultados, es la formada por una capa de visco elástico entre dos de material elástico. Una desventaja importante asociada al uso de los materiales visco elásticos es que sus propiedades mecánicas se ven muy

afectadas por la temperatura, la frecuencia de las cargas aplicadas sobre ellos y la tensión a la que están sometidos.

2.1.7. Medición de vibraciones.

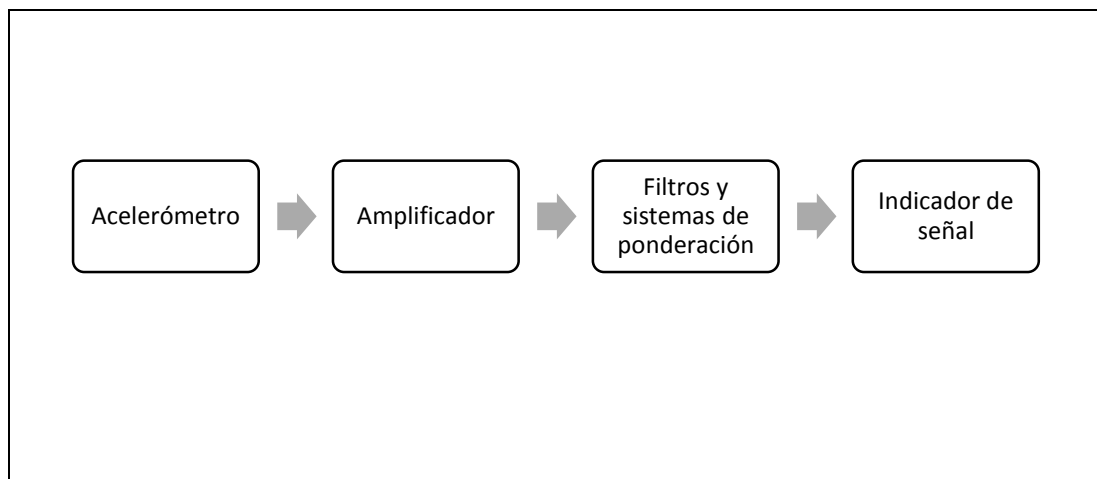
En investigaciones científicas son muy importantes realizar mediciones para las diversas pruebas que estas ameritan. Los equipos (instrumentos) son diseñados para recopilar y monitorear las variables que están analizando y están después sean interpretadas.

El instrumento que se usará para la medición de vibración será el Vibropen o Vibrómetro. Este compuesto principalmente por los siguientes elementos:

- Acelerómetro
- Amplificador
- Filtros
- Sistemas de ponderación de frecuencias

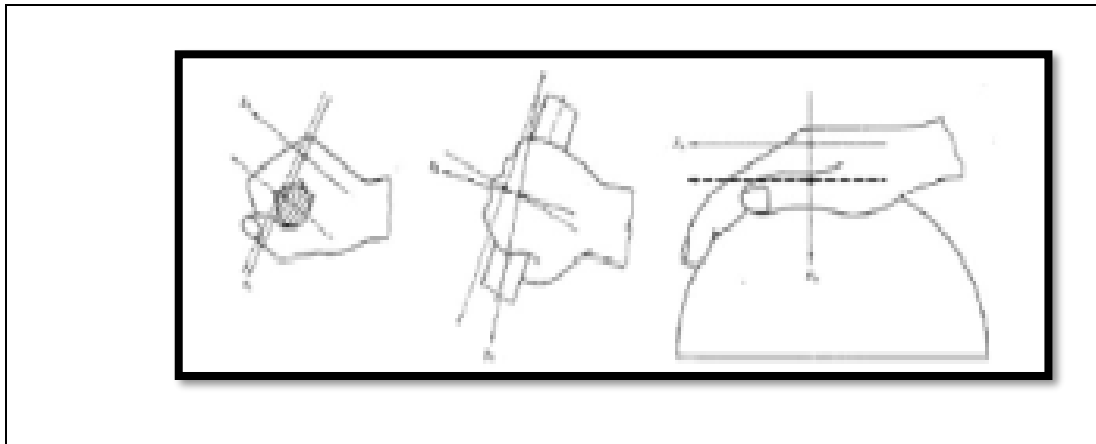
Las evaluaciones deben realizarse de acuerdo con el punto de apoyo del cuerpo con la superficie que vibra.

Fig. 3. Elementos de un equipo de medición de vibración



Fuente: Guía de Vibraciones Mecánicas [3, p. 6].

Fig. 4. Sistema de coordenadas para las manos.



Fuente: Benítez. G. [7, p. 65].

2.1.8. Métodos para Reducir las Vibraciones.

- **Balanceo:** Hay diversos métodos para poder hallar el desequilibrio dinámico de las piezas rotativas y calcular las masas que es preciso añadir para obtener el balanceo y conseguir.
- **Métodos para Evitar el Sintonismo:** Para poder de evitar las amplitudes de vibración, se diseñan muy frecuentemente las máquinas para que no puedan funcionar a velocidades muy cercanas a la velocidad crítica, que para el cuerpo rotativo es idéntica a su frecuencia natural.
- **Amortiguación:** Las diversas velocidades de funcionamiento que se encuentran en un aparato o de una máquina que está sometido a diversas vibraciones, esto implican un gran número de velocidades, de las cuales están comprendidas la velocidad de resonancia, la amortiguación es muy frecuentemente útil para reducir las amplitudes que ocurrirían cerca de las velocidades de resonancia.
- **Aislamiento:** Debido a que las fuerzas producidas en una vibración forzada de un cuerpo no pueden ser depuradas, es necesario recurrir a algún método de aislamiento de la vibración. El método más frecuente de aislamiento consiste en utilizar alguna forma de suspensión elástica del cuerpo vibratorio.

2.1.9. Características para Cimentación de Maquinarias

La cimentación en las máquinas y/o maquinarias son de tal naturaleza, que absorben en su interior, ya sea parcial o total, todos los esfuerzos que se producen por las fuerzas de inercia; Es muy importante evitar la resonancia, que se da cuando el número de revoluciones de la máquina, coincide con las oscilaciones la cimentación, esto hace imposible el funcionamiento adecuado de las maquinas

2.1.10. Vibración en Seres Humanos

a) *Vibración en extremidades superiores.*

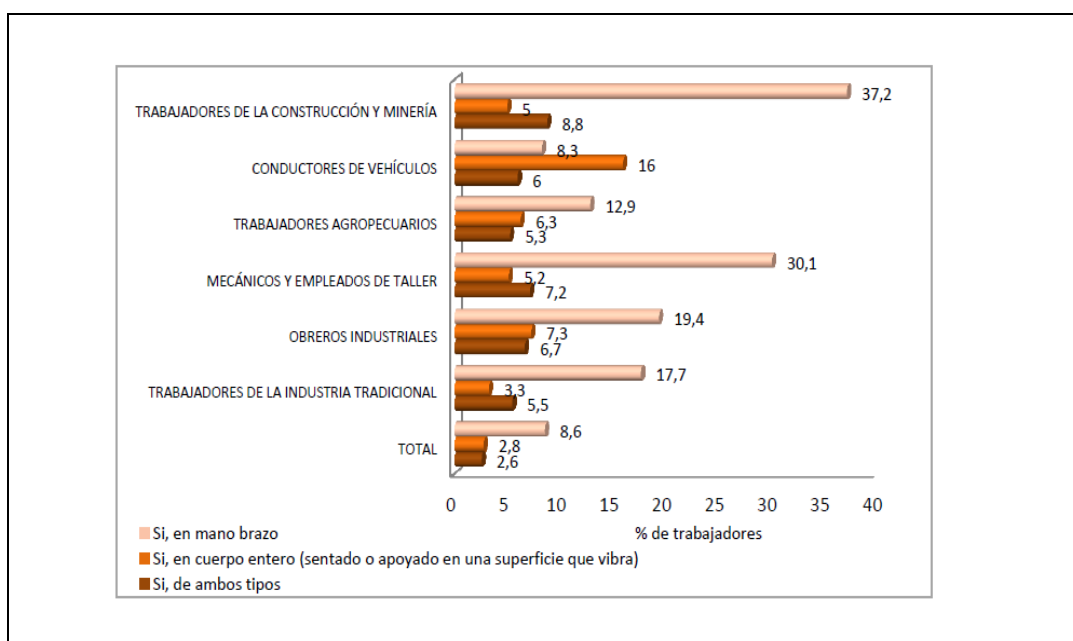
“La vibración en mano brazo es la transferencia de la vibración proveniente de una herramienta o pieza de trabajo a la mano y brazo de un trabajador”. Los niveles de las vibraciones en mano brazo se calcula con la medición de la vibración de la herramienta o pieza que manipula el trabajador.

“El síndrome de vibración en mano brazo es una enfermedad que involucra disturbios circulatorios, sensoriales y motrices, y musculo esqueléticas”.

b) Frecuencia en términos de vibración

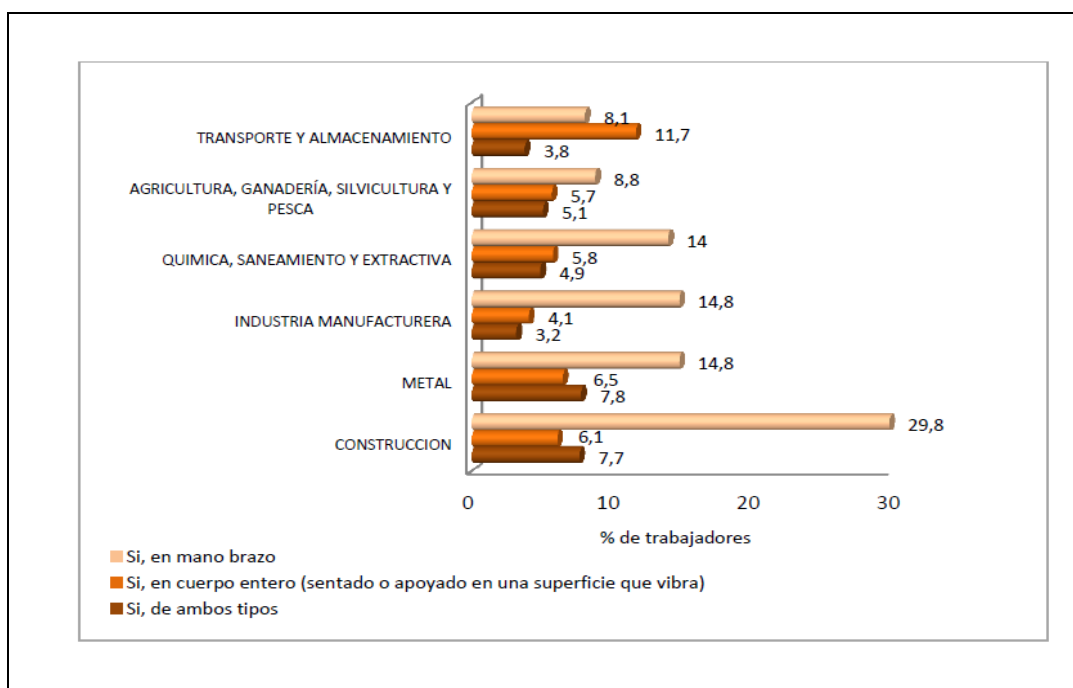
“La frecuencia es el número de veces por segundo que se realiza el ciclo completo de oscilación y se mide en Hertz (Hz). La frecuencia indica el número de veces que el objeto o equipo vibra por segundo” [2, p. 10].

Fig. 5. Ocupaciones en las que son más frecuentes las vibraciones en el puesto de trabajo



Fuente: VII Encuesta Nacional de las Condiciones de trabajo [8, p. 12].

Fig. 6. Ocupaciones en las que son más frecuentes las vibraciones en el puesto de trabajo



Fuente: VII Encuesta Nacional de las Condiciones de trabajo [8, p. 12].

2.1.11. Propiedades del Caucho CLOROPRENO (Neopreno)

El cloropreno es un líquido que se parece al isopreno en cuanto a su estructura química, salvo que tiene un átomo de cloro, mientras que el isopropeno tiene un grupo de metilo.

- La presencia del Cloro tiene los siguientes efectos principales:
 - Aumenta la resistencia hacia los aceites y grasas
 - Aumenta su resistencia a la flama
 - Reduce considerablemente la reactividad química de la doble ligadura y de su alrededor. Como consecuencia tiene mayor resistencia al oxígeno y al ozono.
 - Alta resiliencia.
 - Alta tensión.
 - Alta resistencia a la abrasión.

Los cloroprenos comerciales se pueden dividir en las clases siguientes:

- Copolímeros de cloropreno y azufre (Neopreno GN).
- Homopolímeros (Neopreno W).
- Copolímeros de cloropreno y 2,3 – dicloroprenon.

Los vulcanizados de copolímeros de cloropreno y azufre son superiores en los siguientes aspectos:

- Resistencia al desgarre
- Resistencia a las tajaduras iniciadas por flexión.
- Mayor adhesión.
- Mayor módulo.
- Mayor dureza.

Los Vulcanizados de homopolímeros son superiores en los siguientes aspectos:

- Mayor tensión
- Mayor de formación permanente.
- Mayor resistencia al calor.

2.1.12. Polisopreno (caucho natural)

El Caucho Natural (NR como abreviatura Internacional) es un hidrocarburo tiene una gran importancia ya que este hidrocarburo se obtiene del látex.

El látex se encuentra en forma de una suspensión coloidal acuosa, tiene un aspecto lechoso y contiene un 30% de caucho en su composición... [5].

a) Características

- Contiene amplia gama de durezas, estos valores van desde 35 a 90 Shore A.
- Propiedades excelentes al desgarro, abrasión. Alargamiento, rotura.
- Baja compresión y resiliencia.
- Excelentes propiedades dinámicas y de rebote
- Resistencia a los ácidos.
- Resistencia a temperatura entre -50°C a 90°C-

b) Usos

- Neumáticos se da en un 65%.
- Empaques y juntas.
- Antivibratorio (silent block).
- Plumas de parabrisas

2.1.13. Movimiento de tierras

“Se conoce como movimiento de tierras, a las operaciones que se hacen en los diferentes terrenos con el único fin de modificar y transformalas en obras útiles, públicas o industria” [6, pp. 7-144].

Estas operaciones son las siguientes:

- Humectación o desecación. (Compactación
- Extendido
- Descarga
- Acarreo

- Carga
- Excavación o arranque

En la naturaleza existen los materiales en formaciones de muy diversos tipos, en los llamados bancos.

Excavación se refiere en separar el material del banco, todos los terrenos presentan diferentes dificultades y estos a su vez precisan de diferentes métodos para su extracción. Los materiales o productos cuando son extraídos del banco estos se colocan en un medio transporte en lo que se denomina la operación de carga, una vez transportados los materiales con depositados mediante la operación de carga (terreno y/o tolvas).

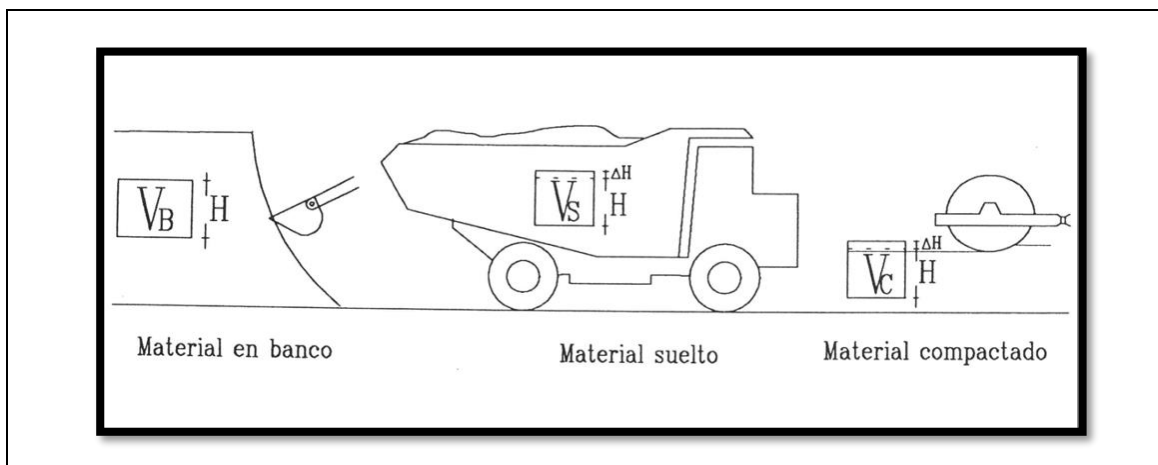
a) Cambios de volumen

“Los diferentes suelos, rocas y terrenos son formado por partículas de diferentes tamaños, pero siempre quedan huecos, donde existe aire y agua” [6, pp. 8-144].

Entonces podríamos decir que una fracción de terreno no es estable, no es fijo, ya que de esto depende de acciones mecánicas.

El movimiento de Tierras se da por las acciones mecánicas sobre los diferentes terrenos.

Fig. 7. Movimiento de Tierras



Fuente: Construcciones industriales [10, p. 46].

2.1.14. Consolidación y compactación

Se refiere a la densificación de los diferentes suelos por medios de acción mecánicos.

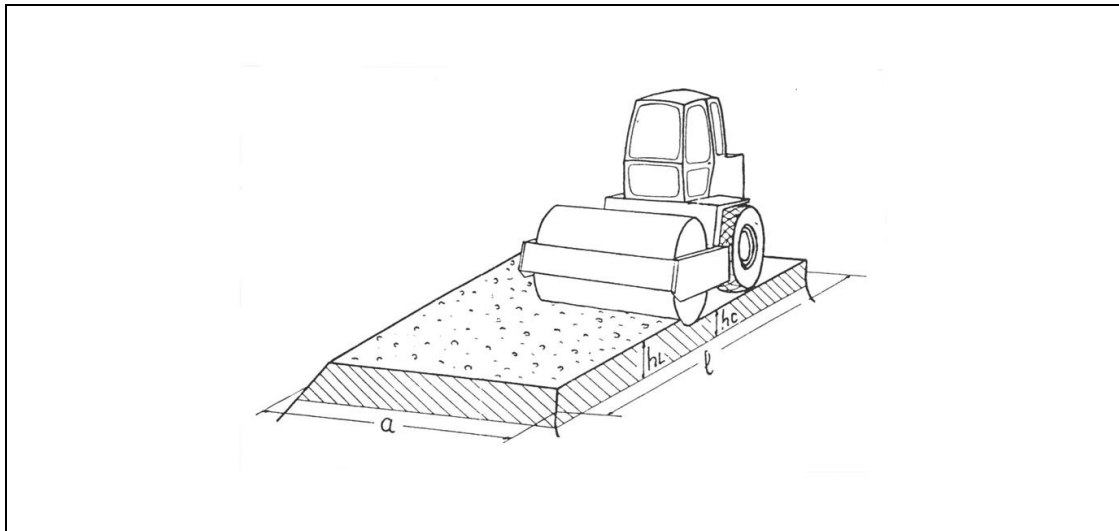
En las obras que tiene que ver con tierras, están deben de ser apisonadas enérgicamente para conseguir un uso al que este destinado.

“En conclusión, se podría definir como el proceso para mejorar las propiedades mecánicas y su vez los funcionamientos de los suelos. Esto se logra por mediante la aplicación de energía directamente sobre el suelo a mejorar por medio de acciones mecánicas” [7].

Los factores más importantes en las compactaciones de suelos son:

- Contenido de humedad
- Densidad
- Grado de compactación

Fig. 8. Compactación de Suelos



Fuente: Construcciones Industriales [10, p. 47].

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Amortiguamiento

“Compensación o disminución de choques, sacudidas y movimientos en operadores mecánicos” [13].

2.2.2. Apisonador

“Se refiere a la compactación de los pisos, en los cuales se utiliza estructuras para la consistencia plástica” [12].

2.2.3. Compactación

“Es la formación natural de los suelos que se da por la masa de los sedimentos o compresión que es parecido a lo referente el apisonado “ [11].

2.2.4. Contenido de humedad

“Se refiere al peso del agua entre el peso de sólidos en un volumen dado de suelo” [7, pp. 36-91]

2.2.5. Elastómero

“Materiales compuestos por polímeros y enlaces que finalmente generan una estructura” [16].

2.2.6. Equilibrio

“Habilidad de sostener un cuerpo en posición correcta, con ciertos movimientos que se relacionen con la motricidad” [13].

2.2.7. Higiene ocupacional

“Ciencia que se dedica a la dedicación, evaluación y control de componentes ambientales que se generan en el contexto laboral teniendo incidencia en el cuerpo de los trabajadores”.

2.2.8. Peso específico o densidad

“Se refiere al peso del suelo por el volumen unitario” [7, pp. 36-91].

2.2.9. Prototipo

“Se define como el primer dispositivo, el cual se desarrolla. Este sirve como modelo o muestra para las siguientes fabricaciones.” [8].

2.2.10. Salud ocupacional

“La Organización Mundial de la Salud (OMS) tienen como concepto de salud ocupacional aquella actividad multidisciplinaria en la cual resguarda, promueve y protege la salud de los trabajadores” [10].

2.2.11. Vibración mecánica

“En la vibración mecánica cuando se realizan trabajos y este trabajo es trasferido a los sistemas mencionados anteriormente (cuerpo, mano-brazo), afectan a la seguridad de todos los trabajadores.” [2, p. 16].

2.2.12. Vibrómetro

“El Vibrómetro es utilizado cuando se requiere hacer mediciones de vibraciones y oscilaciones en máquinas sometidas a este trabajo” [9].

2.2.13. Vulcanización

“Proceso donde se incrusta en una red de enlaces en un elastómero” [20].

CAPÍTULO 3

ESTADO DEL ARTE

3.1. Antecedentes de la investigación

3.1.1. Sistemas de reducción de ruido y vibración.

Según, Carlos Bernad y Juan José Sánchez (2009), en su el estudio titulado “Sistemas reducción ruido vibraciones maquinaria construcción obras públicas “; se tuvo como objetivo principal la problemática en buscar la mejor opción para la reducción de vibraciones en cuanto corresponde a maquinaria pesada con la operación de los técnicos en los diferentes contextos operativos. En sus conclusiones indicó que, las características de trabajo muy exigentes debido a las vibraciones producidas por las maquinas. Estos tienes dos efectos negativos en lo que respecta al confort del operador y el otro que viene relacionado con el primero y es la reducción de la productividad. Para reducir la vibración por estas máquinas tendremos que utilizar la más reciente tecnología en nuestro medio, como por ejemplo el uso de polímeros. Con las metodologías en este caso de estudio se podrá reducir las vibraciones como lo propone y es el uso de polímeros que aun continuamente se introducen nuevos polímeros que podrían darnos mejores resultados [18].

3.1.2.Reducción de vibración en construcción de máquinas

Según, Víctor Rodríguez en su estudio titulado: “Reducción de las vibraciones en la construcción de máquinas e instalaciones”, concluyó que: Las maquinas móviles como estacionarias en los cuales se busca tener una eficiencia operativa continua de estos para así conseguir los objetivos de producción deseados. Con lo dicho anteriormente, se espera lograr la reducción de las vibraciones en este equipo Apisonador Vertical, por medio del diseño de un prototipo en el manillar de dichos apisonadores. Asimismo, hizo hincapié que, durante el funcionamiento de las máquinas ocasionan vibraciones muy fuertes y estos afectan a los procesos de operación de los mismos como a la calidad del trabajo por este motivo se recomienda un aislamiento a las máquinas para la mejorar la eficiencia de estos. Esto se logrará con la utilización de nuevas tecnologías de poliuretano. Para lograr esto ya se buscó en el mercado un polímero capaz de reducir estas vibraciones y es el policloropropeno. Para lograr esta reducción se tuvo realizar prototipos y tendremos como muestra por los operarios de la empresa Pavimentos y servicios generales S.A.C. que tiene como Proyecto: Certus Arequipa. Además, se realizará investigaciones para ver cómo afecta las vibraciones y un cambio en este manillar como afectaría en su desempeño. También, realizarán mediciones antes, durante y después en el prototipo manillar para así verificar y poder medir la eficiencia del prototipo propuesto. En esta investigación con el uso de las tecnologías en mención se logró una reducción considerable de las vibraciones en los diferentes equipos a utilizar [19].

3.1.3.Impacto de un amortiguador tipo elastómero.

Según, Dariusz Szwedowicz, Piero Espino, Eladio Martínez, Jorge Bedolla, Claudia Cortés (2005), en su estudio titulado: “Banco experimental para pruebas de impacto de un amortiguador tipo elastómero”. En esta investigación el principal objetivo es conseguir la fabricación del amortiguador de material elastómero ya que es muy

común, y muy bueno debido a sus propiedades para los trabajos con equipos con vibraciones. Se tuvo, además, antecedentes de estudios como reducción del impacto a causa del amortiguamiento de naturaleza tipo elastómero, el cual se basa la metodología (realizar diferentes prototipos con diferentes materiales para realizar pruebas). El resultado de esta investigación nos da por las diferentes pruebas realizadas que el elastómero natural es el mejor para absorción de vibraciones [20].

3.1.4. Medición y análisis de vibraciones mecánicas

Según, Norma Benítez (2011), en su estudio titulado: “Medición y análisis de señales de vibraciones mecánicas y su efecto en la salud y el confort”, En el cual tuvo como objetivo averiguar los diferentes efectos que tienen las vibraciones en la productividad de los operarios frente a los diferentes contextos operativos. Se tuvo como referencia las investigaciones hechas en una tesis para el sistema de medición y análisis de vibraciones mecánicas para obtener estimaciones a través de normas internacionales ISO 2631 e ISO 5349 estas normas son internacionales en lo que se respecta a vibraciones y estas definiciones se usan en todas las empresas que tienen que ver con este rubro y son las que tomamos como base para esta investigación. Los estándares internacionales ya nos dan las pautas para los resultados solo tienen que ceñirse a los datos que nos dan [5].

3.1.5. Mejora de la productividad en operarios que tienen contacto con vibraciones.

Según, Jesu Solano, en su estudio titulado: “Mejora la productividad mediante una ergonomía adecuada para los diferentes operarios que están en contacto con los equipos que trabajan con vibraciones”, Concluyó lo siguiente: Es muy común en las empresas de hoy en día tener mediciones de productividad y esto está muy arraigado a lo que respecta con la ergonomía en los equipos que los trabajadores utilizan en sus tareas cotidianas, tomamos como base la ergonomía ya que es muy usada para efectuar los test de los prototipos nuevos para ver si cumplen su finalidad. En esta investigación los resultados que se quieren obtener se darán siempre y cuando las empresas inviertan grandes cantidades de dinero para la fabricación de prototipos que sean más ergonómicos que los que usan actualmente [6].

3.1.6. Análisis de las vibraciones.

Según, Glen White (2010), en su estudio titulado: “Introducción al Análisis de Vibraciones”, concluyó que: Se tiene que comprender y analizar los efectos diversos de las vibraciones producidas en contacto con ellas. También se tuvo que entender el comportamiento de las vibraciones en las máquinas, esto se lleva cabo un estudio de causa raíz esto se refiere a conocer el problema origen para atacarlo y nuestro caso es muy en particular en el uso del apisonador-manillar, esto solo es como una referencia para entender a fondo el concepto de vibraciones en la máquinas que diseñan el ser humano”. Los resultados se obtendrán una vez que todos los involucrados en las diferentes operaciones con máquinas con vibraciones (operarios de máquinas y no operarios), ya que así se podrá tener unas mejores prácticas de uso [7].

3.1.7. Riesgos ergonómicos ocasionados por vibraciones.

En el estudio titulado: “Factores de Riesgos Ergonomicos”, se pretende dar a conocer los factores de riesgos ergonómicos con respecto a las vibraciones. A su vez existen factores de riesgos ergonómicos que son relaciones al producto de la excesiva sobreexposición de los operarios de vibraciones (uso de apisonador), estos riesgos están clasificados en el grupo de factores ambientales con lo cual se refiere que estos riesgos ambientales pueden producir y/o generar enfermedades musculo esqueléticas. Dando difusiones masivas en las empresas (operarios) que tengan maquinas expuestas a vibraciones para darles unas capacitaciones del correcto uso y exposición para así evitar lesiones severas [23].

3.1.8. Ventajas de las propiedades físico químicas, mecánicas y medio ambientales del Policloropreno.

Según, Chipa Savedra Miguel Ángel, (2015), en su tesis titulada: “Ventajas comparativas en las propiedades físico químicas, mecánicas y medio ambientales de los adhesivos de Policloropreno en dispersión acuosa y en base solvente”, en sus conclusiones indica que los adhesivos como el Policloropreno (solventes), son productos químicos son perjudiciales para el medio ambiente en ese estado. Lo que pretende demostrar esta tesis es establecer las principales ventajas de las propiedades físico químico y mecánicas de los adhesivos del Policloropreno. Se prepararon varias muestras en varias muestras en acuosa y en base solvente. Los resultados de las muestras resultaron mayor contenido de sólidos y bajo porcentaje de viscosidad, enjovamiento lento a comparación de la base solvente que se demostró alta viscosidad (3346 y 3563 cps), enjovamiento con mayor facilidad y es más perjudicial para el medio ambiente. En el desarrollo de esta investigación se concluyó en que los adhesivos del Policloropreno mostraron superioridades en las propiedades

físico—químicas y mecánicas así como el menos daño al medio ambiente en comparación de los solventes [24].

3.1.9. Programa de prevención en operadores expuestos a vibraciones.

Según, Lizano Acevedo Ronnie Xavier (2012), en su tesis titulada: “Diseño de un programa de prevención para operadores de montacargas expuestos a vibraciones cuerpo entero en industrias de la ciudad de Quito” En el desarrollo de esta tesis se trata la problemática a la que están expuestos los obreros cuando operan montacargas las cuales originan vibraciones mecánicas y desencadena en vibración cuerpo entero. Para la obtención de resultados se realizaron mediciones en campo tomando como referencia la magnitud de aceleración en comparación con los valores límites de exposición a vibraciones cuerpo entero de la ACGIH. Las características que presenta esta normativa, permite tomar en cuenta factores como es el confort, percepción de las vibraciones por parte del operador y la salud humana. En la obtención de resultados se puede concluir que en las empresas en las que se valoró el riesgo, sobrepasan el valor máximo permisible, esto revela la situación a la que están expuestos los obreros durante la jornada laboral a esto se le propuso el programa preventivo para la mitigación de este riesgo físico. En los resultados obtenidos se plantearon cuatro casos de los cuales tres presentaron discomfort al trabajar, esto origino que los operadores evaluados presentaran lesiones graves en la espalda y a los cuales se les recomendó reposo médico aproximadamente de un mes al año [25].

3.1.10. Vibraciones producidas por maquinaria en la salud de los trabajadores.

Según, Valdiviezo Guzman Luis Alberto (2014) en la tesis titulada: “Estudio de vibración producida por maquinaria minera en la salud de los trabajadores en la unidad minera BREAPAMPA”. En el desarrollo de actividades mineras se realizan con maquinarias en las cuales emiten vibraciones es por ello que se ve la necesidad de

realizar el monitoreo en las cuales permitirá la obtención de datos y valores de vibración y realizar la comparación de los establecidos por la normativa, Si los valores obtenidos exceden es en ella en la cual se hará la investigación de la cual es la causa raíz de la emisión de la vibración. En la tesis investigada se estableció la dimensión de las vibraciones emitidas por las maquinarias que se encuentran en la minera y fueron : Motoniveladora (0.30 m/S²); Excavadora (0.29 m/S² a 0.38 m/S²); Cargador frontal (0.13 m/S² a 0.18 m/S²) y Volquete (0,15 m/s² a 0,27 m/s²), con todos estos resultados se concluye que la exposición no afectan a los trabajadores ya que no superan los límites máximos permisibles establecidos por la ley y solo en el caso de cargador frontal existe un alza ligera en la medición. Los ejes obtenidos en los ejes son AeqX=0.17075 m/s², AeqY=0.24775 m/s² y AeqZ=0.13475; Con estos resultados se reafirmó que la emisión de vibración no afecta la salud en los obreros de la minera [26].

3.1.11. Evaluación de riesgo por exposición a vibraciones de cuerpo entero.

Según, Sáenz nuñuvero Richard Wattson (2012) en la tesis titulada: “Diseño de un modelo de evaluación de riesgo por exposición a vibraciones de cuerpo entero para operadores de equipo pesado en mina de tajo abierto” concluyo que: no existen evaluaciones ergonómicas por posiciones forzadas con el manejo de carga pesada cuando al hacer la evaluación se encuentra la influencia de una factor de riesgo en el entorno de sus labores, por lo que, es necesario que, en las normativas de toda empresa se deba actualizar la medición de vibraciones, ya que, actualmente lo permitido en cuanto a estas no concuerda con las normas ISO. Una vez obtenidos los resultados se observó que se superaron los límites permitidos de vibraciones en el cuerpo considerando que lo máximo es 1.15 m/s² con una confiabilidad del 95% los operadores superaron el limite, siendo 48 trabajadores que están en constante riesgo exponiendo su humanidad a las vibraciones, también se dice que esto lo provoca el

estar sentado por más de dos horas sin cambiar de posición resultando con un nivel de vibración no permisible, también se indica que los equipos nuevos generan más vibraciones que los equipos antiguos [27].

3.1.12. Influencia de vibraciones en el ser humano.

Según, Andrea Lizbeth Borjas Chunga (2013) en la tesis titulada: “Estudio de la influencia de las vibraciones de baja magnitud sobre las osteopatías en el ser humano”, afirmó que: Las vibraciones en operadores mecánicos influyendo en el sistema fisiológico de acuerdo a la frecuencia, tiempo e intensidad en la que ocurre la vibración generando reacciones adversas tales como: mareos, trastornos y enfermedades en las extremidades y articulaciones, por lo que, es importante tener una medición exacta de la vibración para disminuir los niveles y así vez minimizar los factores de riesgos [28].

3.1.13. Medición y evaluación de la exposición a vibraciones.

Según, Kristian Erwin Huckle Zapata (2010) en la tesis titulada: “Medición y evaluación de la exposición a vibraciones causadas por labores mineras”, concluyó lo siguiente: Teniendo en cuenta las vibraciones en el contexto laboral, no se estima un tema de medición de acuerdo al instrumento utilizado considerando que no se basan en las normas ISO aplicables, en el desarrollo del estudio se logró tener control del instrumento utilizado para la medición de vibraciones, se pudo constatar además que mucho de los trabajadores de la empresa no tienen conocimiento de los efectos que tiene la exposición del cuerpo a las vibraciones, por lo que, se recomendó dictar capacitaciones de los factores de riesgos que enfrentan estos y enseñar estrategias y técnicas para minimizar estos efectos; en cuanto a las mediciones se observó mediante las mediciones que los índices eran mayores a los permitidos por el DS 594/99, y que los más afectados son los operadores de gruas horquillas, perforadoras y pistolas de

impacto; aunque también, en jornadas con mayor carga laboral pueden incidir entre otros operadores [29].

3.1.14. Influencia del ruido y vibraciones sobre la fatiga laboral.

Según, Jonathan Ignacio Ramírez Bravo (2018) en la tesis titulada: “Influencia del ruido y vibraciones sobre la fatiga laboral de operadores de grúas horquilla del rubro industrial Maderero”, expuso lo siguiente: De acuerdo a los resultados obtenidos, se evidenció que existe un 94.12% de los operadores que se exponen diariamente a los efectos de las vibraciones con mayor intensidad en el segmento mano- brazo, indicando de igual manera, que el 100% de los operadores están expuestos a ellas corriendo el riesgo de generar en el organismo reacciones adversas, ya que, se encuentran en el índice de lo permisible en cuanto a la frecuencia, tiempo e intensidad con la que ocurren [30].

3.1.15. Exposición a vibraciones mano- brazo.

Según, Santurio, Carbadillo & Arguelles (2006) en la tesis titulada: “Estudio de la exposición a vibraciones mano- brazo en el trabajo con máquinas”, concluyeron lo siguiente: Según los resultados obtenidos se observó que las vibraciones tienen un nivel de 62,1% de las máquinas que se tomaron en la muestra superando el límite permisible, un 18,6% se encuentra entre los niveles permitidos y una minoría de 19,2% quedan fuera del nivel de exposición, por lo que estos equipos deben ser utilizados por periodos de tiempos cortos con intervalos distanciados, además se espera que en una jornada de 8 horas se evalúe el riesgo al que está expuesto el trabajador en el puesto de trabajo; también se observaron diferentes equipos con características vibracionales distintas debido a factores propios de ellos y la función que ejecutan e incluso en máquinas del mismo modelo se observaron medidas diferentes;

asimismo, hubo relevancia en mano- brazo cuando se realizaron las medidas de las vibraciones en esa área [31].

3.1.16. Exposición al riesgo por vibraciones en el segmento mano- brazo.

Según, Arias & Martínez (2016) en la tesis titulada: “Evaluación de la exposición al riesgo por vibraciones en el segmento mano- brazo en compañías del sector metal mecánico”, expusieron lo siguiente: En esta investigación se estudiaron la aceleración, velocidad y amplitud como parámetros que generan medidas de las vibraciones y el grado de compromiso en el que se involucran los diferentes sistemas del cuerpo humano, también se observaron herramientas cumplen con los límites permisibles a los establecidos por las normas por las que se rige la empresa, por lo que, los trabajadores que hacen uso de estos equipos no se encuentran expuestos a enfermedades que tengan factores de riesgo por las vibraciones a las que se encuentran expuestos [32].

3.1.17. Ruido laboral y vibraciones.

Según, Alex Ricardo Salazar Peña (2016) en la tesis titulada: “Estudio del ruido laboral y vibraciones en el proceso de acabado de la empresa la fortaleza CIA LTDA. De la Ciudad de Ambato”, concluyó que: Se observó que los operadores de pulido son los que están expuestos a los efectos de las vibraciones y que las áreas más afectadas son el sistema mano- brazo teniendo un factor de riesgo de 2.28 y en cuanto al sistema completo con un riesgo de 0.72 que originan molestias medias, con un nivel de 5.7m/s^2 , pudiendo estas causar diversos trastornos en el organismo si superaran los niveles permisibles [33].

3.1.18. Control de la exposición a vibraciones en operadores.

Según, Jessica Viviana Alfaro Ruiz (2016) en la tesis titulada: “Programa para el control de la exposición a vibraciones de cuerpo entero en los operadores de montacargas del complejo portuario Gastón Kogán, JAPDEVA, limón, Costa rica”, concluyo lo siguiente: Al exponerse por mucho tiempo a vibraciones en el cuerpo entero provoca ciertas reacciones que son nocivas para la salud, de igual manera, los resultados arrojaron que los trabajadores no se encuentran expuestos a vibraciones fuera del límite permisible que según la ISO 2631-1, aunque existen jornadas donde el 80% de los operadores si se encuentran dentro de los niveles a acción, por lo que para este estudio se tuvo como objetivo general la generación de controles que favorezcan la exposición a vibraciones de cuerpo entero en los operadores de montacarga, por lo que, se indica que es necesario hacer controles que eviten que la exposición se amplíe y tenga efectos sobre la salud de los trabajadores [34].

3.1.19. Evaluación de vibraciones en trabajadores.

Según, Adriana Elizabeth Lasluisa Garcés (2017) en la tesis titulada: “Evaluación de vibraciones de cuerpo completo en los trabajadores que manipulan el equipo caminero del H. Gobierno Provincial de Tungurahua”, afirma lo siguiente: Las jornadas de trabajo de esta empresa se encuentran de 7 a 15 horas diarias donde intervienen los diferentes equipos, donde existen 42 personas que se encuentran expuestas a factores de riesgo corriendo peligro por vibraciones ocurridas en el cuerpo completo sobrepasando los límites permitidos por la norma ISO 2631-1 con valores entre 0.55 y 1.12 m/s², haciendo hincapié en que los motores de los equipos son las fuentes principales generadoras de vibraciones y su sistema de transmisión y movimiento son los generadores de ellas, aunque también influye el tipo de suelo porque las actividades desarrolladas en la empresa mayormente se dan en zona rurales de la provincia en suelo empedrado [35].

3.1.20. Herramientas que emiten vibraciones en operadores.

Según, Acosta & Moreno (2008) en la tesis titulada: “Síndrome de Raynaud ocasionado por el uso de herramientas que emiten vibración” concluyeron lo siguiente: esta investigación fue estrictamente documental revisando estudios ya realizados con la finalidad de buscar estrategias que minimizaran las vibraciones de equipos y por lo tanto prevenir el Síndrome de Raynaud, se hizo comparación de expedientes en fichas de observación obteniéndose los resultados siguientes: se determinó que el uso de guantes en jornadas de trabajo influía en el movimiento y la destreza por lo que, aumentaba la jornada y por eso es necesario la capacitación de cuidado personal para que existan factores de riesgos [36].

3.1.21. Relación de la exposición a vibraciones.

Según, Ing. Carlos Andrés Ramos Romero (2014) en la tesis titulada: “Relación de la exposición a vibraciones de cuerpo entero y la presencia de trastornos musculoesqueléticos, en operarios de maquinaria pesada en la obra civil”, concluye que: tuvo como instrumento el cuestionario donde se registraron las condiciones laborales y sus actividades laborales, también se observó mucha incidencia de accidentes ocurridos en la empresa, además se tomó en cuenta la norma ISO 2631-1 para determinar el valor de aceleración donde se registraron valores de sobreexposición a vibraciones de cuerpo entero en actividades de compactación de acuerdo al tipo de maquinaria con un rango entre 0.5 m/s^2 y 1.15 m/s^2 con un 65% de factores de riesgos el 35% restante desarrolla actividades que no están dentro del nivel permitido; los equipos utilizados, la energía que registran, la amortiguación, protección de control, indica que las vibraciones en los operadores no se exceda, esta condición refleja que las mayores vibraciones se dan en el sistema mano- brazo [37].

3.1.22. Exposición laboral a vibraciones mano- brazo y cuerpo entero.

Según, Gabriel Pérez López (2011) en la tesis titulada: “Exposición laboral a vibraciones de mano brazo y de cuerpo entero” concluye lo siguiente: El decreto 1311/2005 muestra los valores a los que puede estar expuesto el cuerpo humano con un rango de 5m/s^2 y 1.15 m/s^2 , esto es para una una jornada laboral de 8 horas, este decreto dispone valores de acción por lo que todo empresario debe regirse obligandolo a tomar correcciones al respecto cuando los niveles son superados, en cuanto al sistema mano- brazo los valores se encuentran entre 2.5 m/s^2 y 0.5 m/s^2 , teniendo una incidencia implacable superando los limitres permitidos por lo que es necesario que las jornadas no sobrepasen las 8 horas para que los trabajadores son corran riesgos que pongan en riesgo su humanidad [38].

3.1.23. Efectos de la exposición ocupacional a vibraciones.

Según, Antonio Alejandro Gómez Fredes (2014) en la tesis titulada: “Determinación en terreno de la transmisibilidad en asientos de gruas de horquilla y su efecto en la exposición ocupacional a vibración de cuerpo entero”, concluye que: En el trabajo se estudió el aislamiento a la vibración en los asientos de grúa de horquilla al poseer diferentes sistemas de amortiguación, para esto se hicieron diferentes mediciones, tambien se evaluó la exposición a la que está expuesto el operador de la grúa tomando en cuenta la normativa europea con el propósito de comparar los efectos que causa en el cuerpo humano. En los asientos convencionales se observó una amplificación y una reducción notable con incidencencia del 20%, de igual manera, en los diferentes equipos se observó efectos de riesgos importantes de acuerdo a las aceleraciones de los equipos superando los limites permisibles de exposición , por lo que se recomienda asientos de tecnología reductora para el control de la exposición a vibraciones , también se recomienda un plan de mediciones constante para comprobar

los efectos que ocasionan los asientos de las grúas de horquilla que se comercializan [39].

3.1.24. Riesgos físicos por vibraciones en operadores.

Según, Daza, Rojas & Silvestre (2018) en la tesis titulada: “Percepción de los riesgos físicos por vibraciones de los operadores de maquinaria pesada en el consorcio vial Selva Central Huanuco, mayo 2018”, afirma que: Con respecto a las manifestaciones de energía asociados a las vibraciones suceden según la intensidad y frecuencia, por lo que, las condiciones de seguridad son factores de riesgo que contribuyen a reacciones adversas a estas, incidiendo en el organismo sufriendo daños en el contexto laboral, para lo que, es necesario implementar actividades preventivas que ayuden a minimizar la exposición de los operadores de maquinaria pesada sin perjudicar su integridad física [40].

3.1.25. Mitigación de vibraciones mediante DNS.

Según, José Luis Díaz Espinoza (2018) en la tesis titulada: “Mitigación de vibraciones mediante la simulación numérica directa (DNS), a campo lejano en una mina a tajo abierto- 2018”, concluyó lo siguiente: Ciertas actividades en la empresa generan vibraciones fuera de lo permitido por las normas, es por eso, que la medición constante de sus magnitudes (amplitud, frecuencia, velocidad y aceleración) se pueden mitigar con la implementación de diversas técnicas que coadyuven a minimizar los factores de riesgo en los operadores, pudiendo también controlarlas y hacerlas imperceptibles; el empleo de un monitoreo efectivo le da ventajas al poder visualizar en tiempo real las operaciones de la mina, permitiendo ver los niveles en que estas afectan a los operadores, es por eso, que esta investigación logró mitigar el impacto de las vibraciones a través de la simulación numérica usando datos de un monitoreo; en el estudio se hicieron varias pruebas logrando los objetivos planteados [41].

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA Y DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Metodología de la Investigación

En cuanto al enfoque de la investigación, el estudio estará enmarcado dentro del enfoque cuantitativo, ya que, se estudiarán métodos cuantificables que permitan la medición numérica de los datos y el análisis estadístico de los mismos. Además, es una investigación aplicada porque se ejecuta con la finalidad de resolver el problema planteado en cuanto a los riesgos existentes producidos por la vibración en operadores.

Teniendo en cuenta el tipo de investigación en lo que se refiere al nivel, se consideró ser un estudio explicativo buscando observar, describir y explicar por qué ocurren las vibraciones y como se pueden minimizar las mismas con la aplicación del prototipo de manillar a base de polisopreno.

4.1.1. Método de la investigación

Este estudio cuenta con el método deductivo, ya que, las vibraciones que producen los operadores parte de algo general que solucionamos con el uso de manillar lo cual

es algo particular; evaluando el inicio de las operaciones, posteriormente al uso de manillar, y finalmente minimizando la vibración

4.1.2. Diseño de la investigación

De la misma manera, esta investigación emplea un diseño de campo, experimental, por el motivo de que, para su obtención de los datos, el investigador se colocó frente a la realidad problemática y posteriormente se pusieron a prueba los elastómeros en diferentes pruebas en laboratorio y en talleres.

Según Hernández (2014) afirma: “Los diseños experimentales puros son aquellos que reúnen los dos requisitos para el control y la validez interna: grupos de comparación y equivalencia entre los grupos, estos llegan a incluir una o varias variables dependientes e independientes [45, p. 188]. De acuerdo a esto, se utilizó el diseño experimental puro, comprendiendo la ecuación experimental:

$$O_1 \quad X \quad O_2$$

Dónde:

O_1 = Vibraciones sin prototipo (mediciones promedio de pre test)

X = Aplicación del prototipo (variable independiente)

O_2 = Vibraciones con prototipo (mediciones promedio de post test)

$N= 10$

Además, cuenta con un corte transversal comprendiendo las siguientes actividades:

- Realizar la medición inicial de vibración en el área sin el prototipo de manillar, para conocer las condiciones iniciales del apisonador
- Evaluación técnica y económica de los materiales a utilizar, que sea eficiente en lo relacionado para una mayor reducción de la vibración

- Selección del material a usar para el prototipo, esto se hará de acuerdo a la evaluación previa (Polisopreno).
- Fabricación del Prototipo de manillar de acuerdo a las medidas, longitudes específicas del diseño y asegurándose de remedar todas indicaciones de seguridad del fabricante.
- Se realizará una medición del apisonador con el prototipo diseñado, esto se hará con el objetivo de medir la reducción de vibración con lo propuesto.
- Cuando se implemente el manillar se explicará los beneficios a los operarios, esto se hará para concientizarlos y aumentar su compromiso hacia una cultura de seguridad.

4.2. Descripción de la investigación

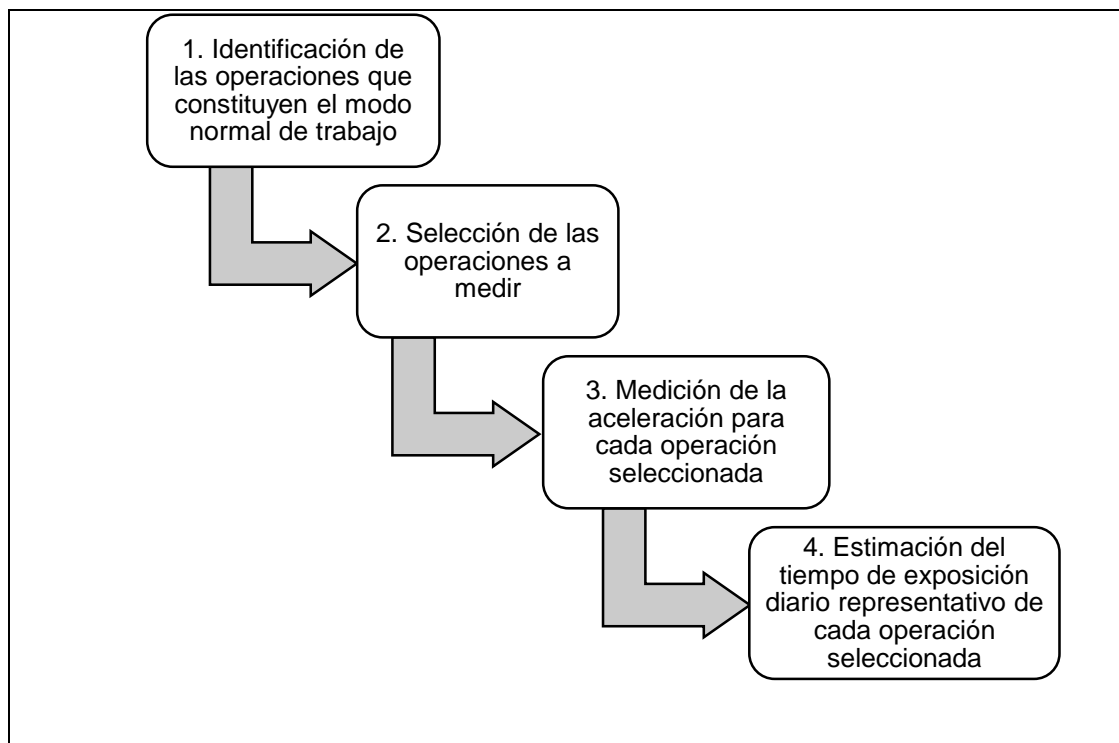
Realizar una medición de la vibración inicial (a través del Vibropen o Vibrómetro) en el apisonador Vertical que realizaremos los estudios de la problemática presente. Esta vibración debes realizarse con instrumento y con los procedimientos adecuados.

Esta medición dará valores en frecuencia Este desarrollo de investigación atiende a la vibración presente en los equipos usados por los operarios en el Área Civil más específicamente en los Apisonadores Verticales.

El objeto de la realización de esta medición es principalmente saber la magnitud de la frecuencia a los que lo trabajadores (operarios), están sometidos en sus jornadas diarias de trabajo.

Nuestro estudio contiene una serie de etapas que se seguirá para la evaluación de las vibraciones el cual es el siguiente.

Fig. 9. Etapas en la evaluación de la exposición a vibraciones por medición



Fuente: Elaboración Propia.

Preparación del procedimiento de medición

De acuerdo con el estudio preliminar se definió la localización en donde se realizará la medición, el cual será el manillar del Apisonador Vertical también se tomará el tiempo de exposición a dichas vibraciones con los operarios a fines cognitivos.

Selección de las operaciones a medir

Identificaremos lo siguiente:

- Características del Apisonador Vertical
- Operaciones que se lleva con esta máquina
- El contexto operacional, es decir el tipo de terreno
- Los ciclos de trabajo que se realiza
- Duración del trabajo realizado con el Apisonador Vertical

Organización de las mediciones

Según la norma ISO 5349-2:2002 establece cuatro formas de organizar la medición [4]:

- Medición de larga duración, se utiliza cuando el equipo está operativo de forma continua, la vibración está directamente presente en la mano de los operarios.
- Medición intermitente, se utiliza cuando los equipos no funcionan de manera continua, pero en los descansos el operario aún tiene sujeta la herramienta.
- Medición corta, se utiliza cuando los equipos no trabajan continuamente, las manos de los operarios ya no están en contacto en el descanso.
- Medición de duración fija, se utiliza cuando los equipos dan impactos.

En nuestro tema de investigación utilizaremos la medición de duración fija ya que el equipo trabaja realizando impactos sobre la superficie a trabajar.

- De acuerdo a esto se establecerá una evaluación con los operarios de la problemática de la vibración en su salud, productividad. De acuerdo a esto se dará una propuesta a los trabajadores con la propuesta de un nuevo material en el manillar de sus equipos.
- Se usará como material para el prototipo de manillar el polisopreno de acuerdo previas investigaciones en absorción de vibración en cuanto al contexto operacional para los operarios.
- Se realizará varias pruebas (3) en cuanto a la ergonomía presente al nuevo prototipo para así tener el visto bueno por los mismos operarios que están en contacto con los manillares de los Apisonadores Verticales.

- Se le explicara los beneficios a los operarios al nuevo cambio con lo que viene relacionado con le mejora de productividad de sus tareas como también como esto afectara a nivel de confort (Reducción de enfermedades ocupacionales).
- Se hará investigación de cómo afecta este nuevo cambio de material en el manillar a nivel de costos vs mejora de productividad.
- Terminado el prototipo se realizará una medición final como un sustento en la reducción de vibración en el manillar del Apisonador Vertical.

4.2.1. Estudio de caso

El presente estudio de caso está presente hoy en día en las diferentes zonas que se vienen realizando proyectos, obras de expansión en la realidad actual de nuestro país Perú.

De acuerdo con este estudio que se hará esta empresa podremos extrapolar a las diferentes del mismo rubro, se utilizará instrumentos de vibración VIBROOPEN antes, durante y después del estudio para definir parámetros de frecuencia en lo que respecta a la vibración del Apisonador Vertical.

4.2.2. Población

El estudio contempla a los trabajadores que laboran en la empresa Pavimentos y Servicios Generales S.A.C. que tiene como Proyecto: Certus - Arequipa.

4.2.3. Muestra

La muestra se seleccionó mediante el muestreo estratégico, por lo que, se encuentra conformada de manera intencional por 10 operarios (unidades de análisis) que laboran en movimiento de tierra de la empresa Pavimentos y Servicios Generales S.A.C.

4.2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

a) Técnicas

- Observación directa
- Evaluación de Propiedades Físico-Químicas y Mecánicas.

Para realizar la evaluación y determinar las propiedades físico-químicas se debe de realizar la medición cuantitativa de la dureza, elongación, resistencia al desgarre, abrasión, adherencia a los metales.

- Medición de la Vibración

Las mediciones se realizaron bajo condiciones y jornadas de trabajo cotidianas, durante el proceso de sus actividades de ocho horas considerando los siguientes procedimientos:

- a. La especificación de la magnitud de las vibraciones será la aceleración, valorándose ésta en m/s^2
- b. Conectar el cable específico de medición de vibraciones en el vibró metro o consola (SVANTEK SV106 A).
- c. Colocar el medidor de vibraciones en una dirección ortogonal con la finalidad de obtener mediciones de vibraciones producidas en un punto determinado.
- d. Encender el vibró metro pulsando a la vez los botones "ALT" y "START/STOP".
- e. Seleccionar el menú con los botones a la vez "Shift / Menu, ENTER, Save".
- f. Se tendrá en la pantalla los canales de medición que son tres (canal I, canal II, canal III), en la cual se presionara el botón MENU para determinar las opciones de duración de tiempo, repeticiones y el autoguardado de los datos
- g. Se tendrá que dar una ubicación correcta al acelerómetro, se tendrá que colocar de forma que la dirección de la medida coincida con la de su máxima sensibilidad, generalmente en su eje principal. Se le dará una ubicación del acelerómetro de tal forma que las vibraciones recepcionadas lleguen al punto de medida.

- h. Fijar el sensor al trabajador. El cable debe ir sujeto al brazo o mano por medio del sensor
- i. Acoplar el acelerómetro en el adaptador de mano para vibraciones mano-brazo.
- j. Conectar el acelerómetro con el cable del vibrómetro.
- k. Pulsar el botón "START" para empezar la medición (1" de tiempo).
- l. El tiempo de medición para cada determinación será de por lo menos de un (01) minuto.
- m. Las mediciones realizadas serán de tres medidas de aceleración para cada valoración, se seleccionará en cada una de ellas la posición, hora y condiciones más desfavorables.

Para la medición se registra tres mediciones de por lo menos un minuto a lo largo de las coordenadas representadas.

Tabla 4 Metodología para la medición de vibración.

PARÁMETRO	METODOLOGÍA	LIMITES DE DETECCIÓN	UNIDAD
Aceleración	ISO 8041:2005	-----	m/s²
Desplazamiento	ISO 5349	-----	m
Velocidad		-----	m/s

Fuente: Pavimentos y Servicios Generales S.A.C.

Previo al inicio de recolección de datos se constató y documento la calibración del medidor de vibración, de acuerdo a las especificaciones que establece el fabricante

b) Instrumentos

- Ficha Técnicas
- Vibrómetro

Características del Vibrómetro

El vibrómetro que usaremos para le mediciones de las vibraciones será el de marca SVANTEK , Modelo SV106 A y sus características diferenciales son:

- Capaz de generar un informe y un gráfico
- Genera grafico estadístico
- Permite editar gráficos
- Informes exportables a hoja de cálculo

Fig. 10. Vibrómetro.



Fuente: Elaboración Propia

4.3. Variables de la investigación

4.3.1.Variable independiente

- Prototipo manillar de apisonador vertical

4.3.2.Variable dependiente

- Reducción de vibración

4.3.3. Operacionalización de variables

Con el propósito de poder reconocer la interrelación de las variables planteadas, se ha realizado la matriz de Operacionalización de variables, en la cual se muestra la relación que existe entre la variable dependiente con la variable independiente.

Es significativo aclarar que se realizaron mediciones iniciales y luego, después de aplicada la variable independiente (El prototipo de manillar); además se plantea como variable independiente el mencionado prototipo de manillar en apisonador vertical a desarrollar (Dimensionamiento y planos en vista 3D, selección de materiales que cumplan las características físico químicas, mecánicas y ambientales, montaje de prototipo), mientras que la variable dependiente es la reducción vibración que emite el apisonador vertical (Medición de vibraciones en diferentes condiciones y con diferentes elastómeros)

Tabla 5. Operacionalización de variables.

Variable		Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Escalas	Técnicas e instrumentos
INDEPENDIENTE (X)	PROTOTIPO MANILLAR EN APISONADOR VERTICAL	Modelo de manillar para el apisonador vertical que sirve para luego, proceder a su fabricación.	Diseño del prototipo	- Pre evaluación	m/s ²	Vibrómetro
			Medición del manillar	- Longitud	mm	Flexómetro
			Selección del material	- Diámetro	mm	Vernier o pie de rey
			Revestimiento de manillar	- Elastómero	SHORE	Durómetro
DEPENDIENTE	REDUCCIÓN DE VIBRACIÓN	Mitigación o minimización de la frecuencia, velocidad y otros elementos que generan las vibraciones ocasionando factores de riesgos.	Niveles	- Intensidad	m/s ²	Vibrómetro
			Mediciones antes y después del prototipo	- Frecuencia		
			Sistemas expuestos	- Mano- brazo -		ISO 5349
			Evaluación final	- Post Evaluación		

Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO 5

DESARROLLO DE LA TESIS

5.1. Mediciones de vibraciones como línea base.

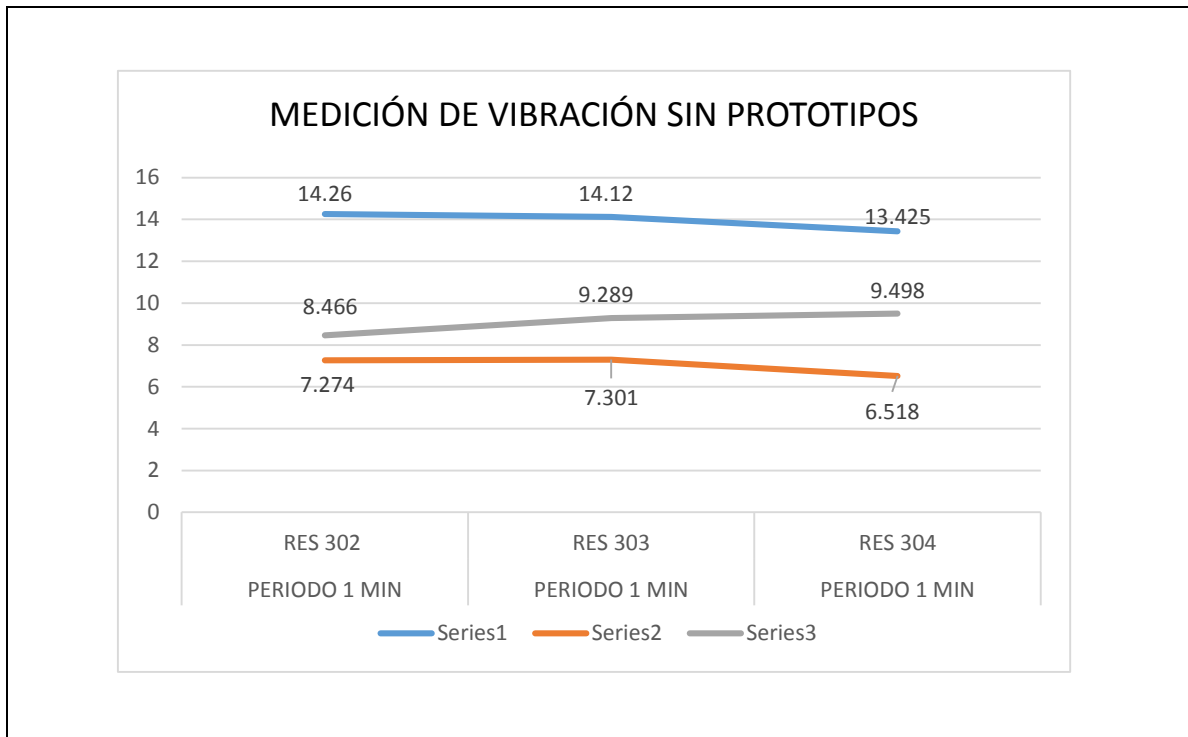
Se realizó tres pruebas de sesenta segundos de tiempo, en las cuales los resultados fueron muy elevados superando los valores establecidos en la normativa (D.S.0.24.)

Tabla 6. Medición de vibración sin prototipo.

16:40:19-16:41:19	16:41:19-16:42:19	16:42:19-16:43:19
PERIODO 1 MIN	PERIODO 1 MIN	PERIODO 1 MIN
RES 302	RES 303	RES 304
14.26	14.12	13.425
7.274	7.301	6.518
0.079	0.078	0.071
8.466	9.289	9.498
0.091	3	0.107

Fuente: Elaboración Propia.

Fig. 11. Medición de Vibraciones sin prototipo.



Fuente: Elaboración Propia.

INTERPRETACIÓN: En la gráfica obtenida de acuerdo a la normativa se tomó la medición cuantitativa más alta que es 14.26 m/s², en la cual se puede inferir que cuando el apisonador trabaja sin la mitigación propuesta la exposición es muy alta.

5.2. Evaluación de propiedades mecánicas, físicas, químicas y ambientales de materiales elastómeros.

A continuación, se presenta los materiales utilizados y sus propiedades físicas, químicas, mecánicas y ambientales para ser evaluados para utilizar en el armado del prototipo del manillar, se ha considerado las fichas técnicas comerciales del proveedor.

Tabla 7 Comparación de las propiedades mecánicas, físicas, químicas y ambientales del
Polisopreno, Cloropreno y Nitrilo

Elemento	Características		Caucho natural Poliisopreno	Cloropreno Neoprene	Nitrilo Butadieno Acrilonitrilo
Propiedades generales	Adhesión a metales		Excelente	Excelente	Excelente
	Adhesión a tejidos		Excelente	Excelente	Buena
	Rango de temperatura de trabajo (°C)		-20 a 80°C	-10 a 100°C	-35 a 130°C
Propiedades Físicas	Generales Temperatura Ambiente	Rango de dureza (Sh)	40 a 85 ShA	40 a 90 ShA	40 a 90 ShA
		Resistencia a la tracción Máxima (%)	300	250	250
		Alargamiento de rotura Máxima (%)	650	600	650
		Deformación Permanente por Compresión	Excelente	Buena	Buena
		Resiliencia	Excelente	Excelente	Buena
		Resistencia Eléctrica	Excelente	Pobre	Uso en casos especiales
	Mecánicas Temperatura Ambiente	Resistencia a la Flexión	Buena-Excelente	Buena-Excelente	Buena
		Resistencia a la Abrasión	Buena	Buena-Excelente	Buena
		Resistencia al Desgarre	Excelente	Buena	Buena-Excelente
		Resistencia al Impacto	Excelente	Buena	Pobre
	Altas temperaturas	Envejecimiento a 100°C	Pobre- Buena	Buena-Excelente	Buena
		Elasticidad a 100°C	Buena	Buena	Buena
		Resistencia a la llama	No usar	Excelente	Uso en casos especiales
	Bajas temperaturas	Temperatura de rigidez	-30 a -45	-10 a -45	-10 a -45
		Punto de vidrio (°C)	-65	-45	-65
Resistencia	Ambientales	Oxígeno	Buena	Excelente	Buena
		Ozono	No usar	Buena	Pobre
		Agua y luz solar	Uso en casos especiales	Buena-Excelente	Uso en casos especiales

	Químicas	Agua/ vapor	Excelente/ buena	Buena	Buena/ Pobre
		Álcalis Diluidos/ Concentrados	Excelente/ Pobre	Excelente	Buena/ Buena
		Ácidos Diluidos/ Concentrados	Excelente/ Pobre	Excelente	Buena
		Hidrocarburos Alifáticos	No usar	Pobre	Excelente
		Hidrocarburos Aromáticos	No usar	Buena	Buena/ Excelente
		Hidrocarburos Clorados, Desengrasantes	No usar	Uso en casos especiales	Pobre/ Buena
		Cetonas, Solventes oxigenados	Buena	Pobre	Uso en casos especiales
		Alcoholes	Buena/ Excelente	Excelente	Pobre/ Buena
Hinchamiento	Aceites	Animales y vegetales	Uso en casos especiales	Buena	Buena
		Fuel Oil	No usar	Buena	Excelente
		Lubricantes Sintéticos Diester	No usar	Uso en casos especiales	Pobre/ Buena
		Lubricantes de bajo pto. De Anilina >190°C	No usar	Excelente	Excelente
		Lubricantes de alto pto. De Anilina >190°C	No usar	Buena	Buena
		Líquidos de freno base no hidrocarburo	Buena/ Excelente	Uso en casos especiales	No usar
	Fluidos Hidráulicos	Base Hidrocarburo	No usar	Pobre	Buena
		Hidro- Glicol	Buena/ Excelente	Buena	Pobre
		Ester Silicio	Buena/ Excelente	Uso en casos especiales	Buena
		Ester Fosfórico	Buena	Pobre	Uso en casos especiales
	Refrigerantes	Amoniaca	Buena	Excelente	Buena
		Cloruro de metilo	Uso en casos especiales	No usar	No usar

Fuente: Elaboración Propia

5.3. Comportamiento ambiental de los elastómeros (Polisopreno, Cloropreno y Nitrilo).

Tabla 8 Impacto ambiental de los elastómeros

CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES		
Elastómeros	POLISOPRENO	<ul style="list-style-type: none"> • El polisopreno es termoplástico (se ablanda por la acción del calor y se endurece al enfriarse). • Es insoluble en agua. • No es tóxico. • En el látex natural, siempre va acompañado de proteínas y otras sustancias que pueden generar alergia en algunas personas. También puede suceder que el polímero presente trazas de monómero de isopreno que en ciertas concentraciones (muy altas) puede llegar a ser perjudicial para la salud. • En cuanto a las aplicaciones, al ser vulcanizado se vuelve termoestable, lo que dificulta su reciclado. Estos pueden liberar sustancias tóxicas, producir riesgos de incendios. • Tiene impacto sobre el medio ambiente en su obtención, tanto en el caucho natural como en el sintético. El caucho natural puede significar la tala de selvas para plantar el Hevea. El sintético se obtiene a partir del petróleo, un recurso no renovable. • Durante la fabricación de productos de caucho pueden generarse efluentes líquidos y gaseosos contaminantes si no se tratan adecuadamente
	CLOROPRENO	<ul style="list-style-type: none"> • El tiempo de degradación del producto principal es relativamente largo, lo que conlleva a obtener grandes depósitos de desechos, como es evidente el desecho acumulativo de estos materiales al ambiente trae graves consecuencias a las comunidades como lo son las enfermedades entre las cuales se encuentra el dengue; producida por el acumulamiento de basura y estancamiento de aguas negras sirviendo éstos como criaderos del zancudo patas blancas. • Entre otras de las consecuencias importantes se pueden mencionar son las obstrucciones de las tuberías de aguas negras. Aunado a ello el desecho de estos materiales al ambiente provoca la disminución del embellecimiento de

		<p>algunas áreas, establecimientos, municipios, ciudades y estados.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los plásticos arrojados al mar que presentan flotabilidad son un gran problema en las zonas de calmas ecuatoriales, ya que se van reuniendo en esos sectores acumulándose en grandes cantidades. • La propuesta de mitigación sería que se adoptara una cultura medioambiental que implique la adición de tecnologías eficaces para el adecuado amontonamiento de dichos materiales y aprovechamiento, designando lugares adecuados y alejados donde se trate con responsabilidad y eficacia los parámetros para la disminución del impacto ambiental de estos materiales
	NITRILO	<ul style="list-style-type: none"> • Los nitrilos generalmente son sustancias tóxicas, por lo que hacen mal a la salud y pueden incluso provocar la muerte, dependiendo de la concentración en el organismo. • Estos se encuentran habitualmente en la naturaleza en diversos microorganismos, insectos y en el estado de crecimiento de muchas plantas como un mecanismo de protección, como un alcaloide común, que los convierte en una fuente alimenticia poco atractiva durante ese periodo, para cierto tipo de animales herbívoros. • Es inflamable. • Se evapora fácilmente.

Fuente: Elaboración propia.

5.4. Características del apisonador a utilizar

El apisonador que se utilizara para el presente estudio tiene las siguientes características:

Tabla 9. Características de apisonador vertical.

Atributo	Detalle
Características	Excelente calidad, máximo rendimiento y durabilidad. Palanca de aceleración que permite un óptimo funcionamiento. La cubierta protectora del marco superior elimina posibles daños en el motor
Marca	Honda
Material	Acero y plástico
Modelo	AS80K
Motor	Gasolinero de 4 ciclos
Medidas	72 x 41.2 x 104 cm
Peso	78 Kg
Tamaño placa base	285 x 345 mm
Potencia	5.5 Hp
Capacidad tanque	2 L
Fuerza de impacto	1000 Kg/golpe
Velocidad de percusión	450 - 650 IPM
Golpes por minuto	680
Color	Negro/amarillo
Uso	Ideal para compactar en zonas de espacio reducido

Fuente: Elaboración Propia.

Fig. 12. Apisonador Vertical.



Fuente: Elaboración Propia.

5.5. Diseño y Proceso de fabricación del prototipo

En el diseño del prototipo se considera las medidas del apisonador y se reviste con cada material para la evaluación del objeto de estudio del presente proyecto. Las actividades que comprendieron son:

5.5.1. Diseño y Fabricación de manillar.

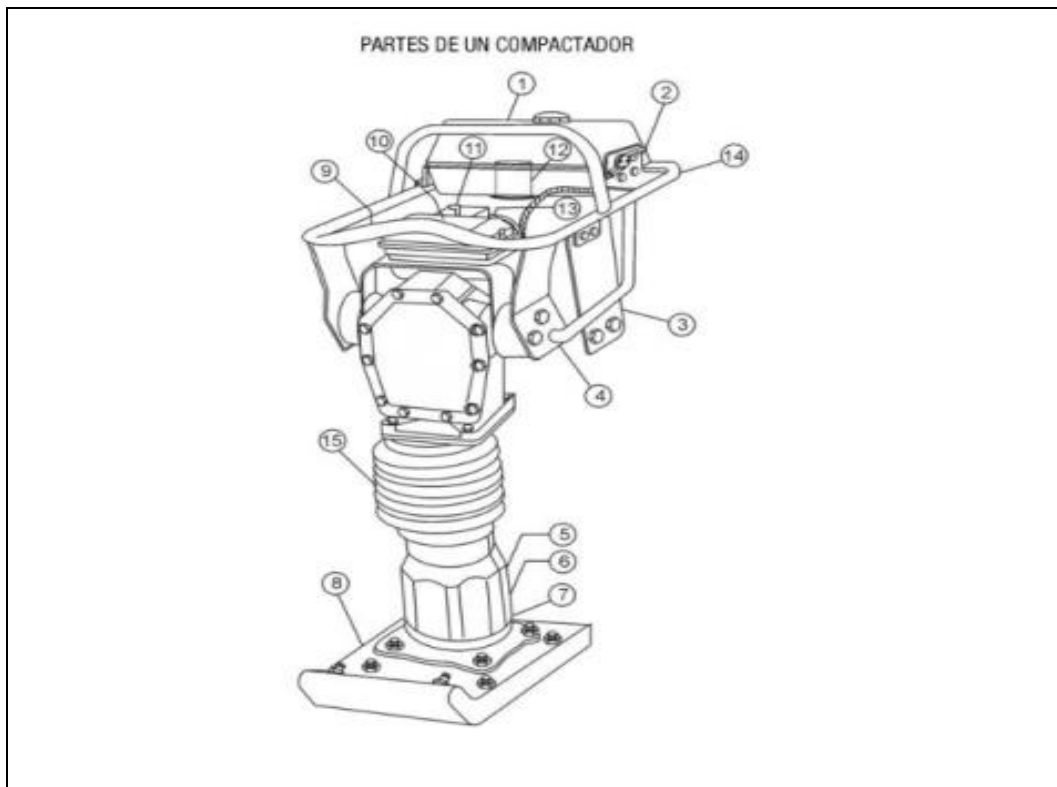
El diseño del manillar se basó en la toma de medidas del apisonador vertical con la finalidad de que el manillar en el momento en que se ensamble tenga el acople con herramienta y no se vea afectado su funcionamiento ni el diseño del fabricante.

El manillar cuenta con las siguientes dimensiones:

- Ancho: 32.5 cm
- Largo: 36 cm
- Eje: $\frac{3}{4}$
- Base: 3.5 cm
- Dobles: 40 mm

Como se aprecia el manillar del Apisonador vertical tiene una disposición horizontal en la cual hace su manipulación más fácil, en lo cual hace su operación y ubicación en el terreno de trabajo más práctica la compactación.

Fig. 13. Partes de Compactadora/ Apisonador.

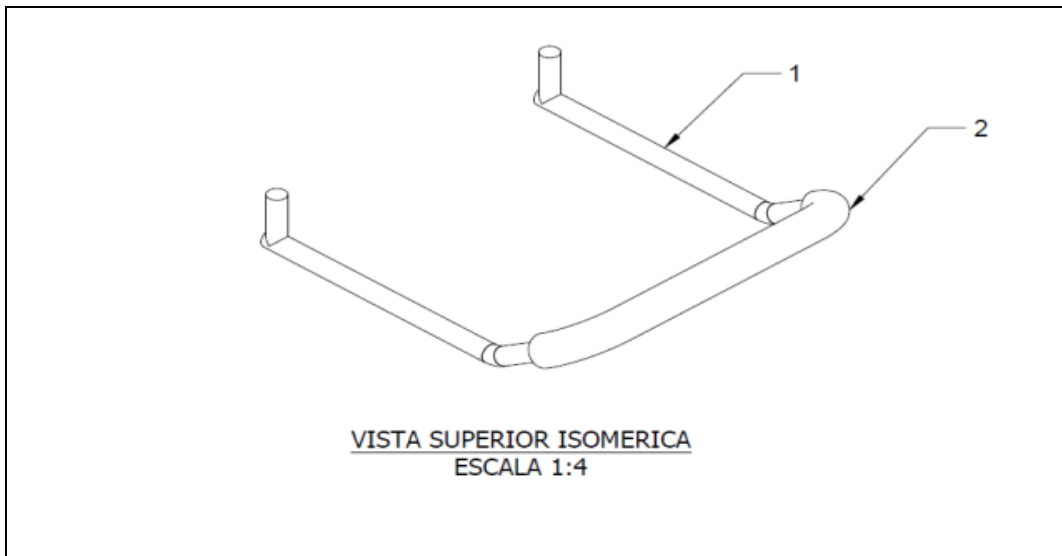


Fuente: (Moulding export, 2015).

5.5.2. Diseño en AutoCAD.

El estudio previo y con las medidas obtenidas se dio el inicio para proceder con la realización del diseño de prototipo de manillar para la construcción del mismo, se procedió a realizar el dibujo digital en el programa AutoCAD para poder visualizar el diseño en 3D.

Fig. 14. Dibujo de diseño digital de manillar en 3D.



Fuente: Elaboración propia

En el dimensionamiento y elaboración del plano del manillar, se realizó el bosquejo con ayuda del escalímetro con la escala de 1:4, seguido de ello y con las medidas obtenidas se procedió a realizarlo en el programa en AutoCAD realizando cuatro vistas vista superior, vista de perfil, vista lateral y vista superior isométrica (véase en el anexo 4) las cuales nos sirvió para la ejecución de la fabricación del manillar.

5.5.3. Elaboración de Molde para Doblado de Eje.

En el proceso de fabricación y armado de manillar se elaboró el molde con un diámetro de 38 mm de diámetro con un espesor de 1 ½. De este modo se consigue que el límite de fluencia se propague por toda la sección transversal del eje y así adquiera una curvatura determinada durante el proceso de armado del manillar fue tomando forma de acuerdo al manillar original.

La selección del material para la fabricación del eje se eligió debido a la similitud del que existía con el fabricante y también por la facilidad que hubo para la construcción, montaje y el funcionamiento de la herramienta de poder.

5.5.4.Composición del Eje con Polisopreno.

Después que se obtuvo el molde del manillar se procedió a la vulcanización en la cual en un lapso de 10 minutos de estar a 160ª C en una prensa y con efecto del calor se realizó la composición del elastómero (Polisopreno) con el eje y se adhiera y forme el manillar revestido.

Tabla 10. Características de los prototipos.

CARACTERÍSTICAS DE LOS PROTOTIPOS	
1	Tubo redondo de 1100 mm de longitud
2	Tubo redondo de ¾” de diámetro
3	Revestimiento de elastómero de 350 mm de longitud

Fuente: Elaboración propia

Fig. 15. Vulcanización de Manillar.



Fuente: Elaboración propia

5.5.5. Fabricación de Abrazaderas y Pernos.

Estas piezas resultan importantes y constituyen los soportes elaborados con viruta de acero que evitan su deterioro prematuro de 1" y un espesor de ¼ y están ubicados en la parte lateral del apisonador, los mismos que cuentan con dos agujeros roscados de (0.8 x 20) mm están empotrados con pernos de acero y cuenta con una sujeción y arriostre que para efectos de la fricción producto la actividad que realiza.

Fig. 16. Sujeción de Manillar.



Fuente: Elaboración propia

5.6. Características de Medidor de Vibración.

El medidor de vibraciones que utilizaremos es un instrumento de medición portátil de almacenamiento de datos en la cual se pueden almacenar hasta 100 mediciones. Reconoce vibraciones, es de fabricación estadounidense de la marca SVANTEK SV106 A, desarrollada con el Software SUPERVISOR para la configuración de datos para los sistemas de monitoreo.

Fig. 17. Medidor de vibraciones SVANTEK SV106 A.



Fuente: Elaboración propia

5.6.1. Inicio de funcionamiento del Medidor de Vibraciones.

El medidor de vibraciones portátil es una herramienta que mide los sentidos de las vibraciones en puntos pre determinados usando un sensor y trabajando con valores de celeridad de vibraciones, aceleración en las vibraciones, para la individualización de la máquina.

Una vez culminada una ronda de mediciones, los valores característicos medidos son grabados, estos datos culminados las mediciones se transfieren a una computadora en donde son almacenados y procesados cuantitativamente con la ayuda del software (Supervisor).

5.6.2. Significado de Barra de Menú del Medidor de Vibraciones.

El medidor de vibraciones es de fácil operación, llevando una capacitación de por medio de corto tiempo (una hora), este medidor cuenta con cinco comandos como se aprecia en la tabla IV. Con su respectiva definición.

“RUN/STOP KEY”

La tecla Start/STOP es usada para iniciar y parar la medición. Hay muchos indicadores en la pantalla que aparecerán cuando la tecla sea presionada.

Tabla 11. Simbología y definiciones de vibrómetro.

SÍMBOLO EN PANTALLA	DEFINICIÓN
■	Indicador RUN. También indicada el nivel de la señal de HVM100.
?	Fuera de rango.
	Indicador de STOP, indica que el HVM no es funcionando.
*	Indicador de sobrecarga, enclavado
!	RUN, Indicador interrumpido

Fuente: Elaboración propia

5.6.3. Evaluación de Vibraciones.

La estimación de las vibraciones mano brazo involucra la toma de mediciones que debe de ser representativo de la exposición a la que está expuesta el operador durante la manipulación del apisonador. Por lo tanto, el equipo que se utilizó para este estudio cumple con las condiciones para darnos resultados objetivos.

Las mediciones se realizaron bajo condiciones y jornadas de trabajo cotidianas, durante el proceso de sus actividades de ocho horas, colocando el medidor de vibraciones en una dirección ortogonal con la finalidad de obtener mediciones de vibraciones producidas en un punto determinado.

Previo al inicio de recolección de datos se constató y documento la calibración del medidor de vibración, de acuerdo a las especificaciones que establece el fabricante

5.6.4. Medición.

El criterio para el desarrollo de esta evaluación de la vibración mano brazo siguió los estándares del ISO 5349 y D.S. 024 (GUIA N°3). La medición se desarrolló con los operadores de Apisonador Vertical de la empresa PAVIMENTOS Y SERVICIOS GENERALES S.A.C., en donde se les explico en forma secuencial el proceso de la

medición. En el desarrollo de la obtención de datos mano brazo, se colocó el sensor en la mano del operador en la cual tenga contacto con la herramienta en uso (Apisonador vertical), con la finalidad de que se obtengan datos reales y a su vez no limite el desarrollo normal de las actividades del operador durante la manipulación. Para la medición se registra tres mediciones de por lo menos un minuto a lo largo de las coordenadas representadas

Fig. 18. Ubicación de sensor durante la operación.



Fuente: Elaboración Propia.

5.7. Costos del diseño y fabricación del prototipo de manillar a base de Polisopreno.

Tabla 12 Estructura de costos de diseño fabricación de prototipo de manillar

ESTRUCTURA DE COSTOS								
CLIENTE	Joan Fred Gordillo Calle y Anibal Américo Chávez Cuellar							
ATTE.						Fecha:	16/10/2018	
SERVICIO:	FABRICACION DE 03 PROTOTIPOS DE MANILLAR					Cotización:	01-0001	
DETALLE:	TESIS UTP							
1	ESTRUCTURA DE MANO DE OBRA							
CONSIDERACIONES DEL TRABAJO								
ITEM	PERSONAL	CANT. DE PERSONAS POR CUADRILLAS	N° DE DIAS	PRECIO H/H NORMAL S./	HORAS NORMAL DE PERSONAL	HORAS EXTRAS	COSTO UNITARIO POR DIA. S./	PRECIO S./
FABRICACIÓN EN TALLER								
1.01	SUPERVISION E INGENIERIA	1	1	S/. 18.00	8		S/. 144.00	S/. 144.00
1.02	OPERARIO ARMADOR MECANICO	1	1	S/. 12.50	8		S/. 100.00	S/. 100.00
1.03	SOLDADOR MECANICO	1	1	S/. 15.00	8		S/. 120.00	S/. 120.00
MONTAJE EN MAQUINA								
1.04	OPERARIO ARMADOR	1	1	S/. 12.50	8		S/. 100.00	S/. 100.00
TOTAL MANO DE OBRA								S/. 464.00
1.1	ESTRUCTURA DE SOBRETIEPOS EN MANO DE OBRA							
ÍTEM	PERSONAL	PRECIO H/H NORMAL S./	Sobre Tiempo -1 25%	Costo de H. Sobre tiempo 1	Sobre Tiempo -2 35%	Costo de H. Sobre tiempo 2	Sobre tiempo 2 Domingos y Feriados	
1.1	SUPERVISOR MECÁNICO	S/. 18.00	S/. 4.50	S/. 22.50	S/. 6.30	S/. 24.30	S/. 36.00	
1.11	SUPERVISOR DE SEGURIDAD	S/. 18.00	S/. 4.50	S/. 22.50	S/. 6.30	S/. 24.30	S/. 36.00	
1.12	OPERARIOS	S/. 12.50	S/. 3.13	S/. 15.63	S/. 4.38	S/. 16.88	S/. 25.00	
1.13	SOLDADOR MECANICO	S/. 15.00	S/. 3.75	S/. 18.75	S/. 5.25	S/. 20.25	S/. 30.00	
Sobre Tiempo N° 1 Son las 2 primeras horas								
Sobre Tiempo N° 2 Son de 3 horas a mas								
Sobre Tiempo N° 3 Domingos y Feriados es 2 veces la H/H.								
2	UNIFORME E IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD							
ÍTEM	UNIFORME/IMPLEM. DE SEGURIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	VIDA UTIL POR MES	HORA UTILIZADA	PRECIO UNITARIO S./	DEPERSIACION POR HORA S./	COSTO PARCIAL S./
2.01	Casco (protector) c/ barbiqueo	Jgo.	2	6.00	8	S/. 45.00	S/. 0.04	S/. 0.63
2.02	Chaleco reflectivo	Jgo.	2	3.00	8	S/. 55.00	S/. 0.10	S/. 1.53
2.03	Zapatos con punta de Acero	Und.	2	3.00	8	S/. 80.00	S/. 0.14	S/. 2.22
2.04	Lentes claros	Und.	2	3.00	8	S/. 12.00	S/. 0.02	S/. 0.33
2.05	Careta p/esmerilar	Und.	2	1.00	8	S/. 24.00	S/. 0.13	S/. 2.00
2.06	Guantes de operario	Und.	2	1.00	8	S/. 14.50	S/. 0.08	S/. 1.21
2.07	Respirador de media cara	Par.	1	3.00	8	S/. 50.00	S/. 0.09	S/. 0.69
2.08	Filtro 7093 para particulas	Und.	1	3.00	8	S/. 24.50	S/. 0.04	S/. 0.34
2.09	Retenedor de filtro	Par.	1	6.00	8	S/. 10.00	S/. 0.01	S/. 0.07
2.1	Conos de seguridad	Und.	3	12.00	8	S/. 25.00	S/. 0.01	S/. 0.26
2.11	Bastones extendibles	Und.	2	12.00	8	S/. 60.00	S/. 0.03	S/. 0.42
2.12	Careta para soldador	Und.	1	12.00	4	S/. 60.00	S/. 0.03	S/. 0.10
2.13	Casaca y Pantalón de cuero	Und.	1	12.00	4	S/. 350.00	S/. 0.15	S/. 0.61
2.14	Escarpines	Und.	1	12.00	4	S/. 18.20	S/. 0.01	S/. 0.03
2.15	Tapa oídos	Und.	3	0.50	8	S/. 5.00	S/. 0.05	S/. 1.25
2.16	Guantes de soldador	Und.	1	1.00	8	S/. 45.00	S/. 0.23	S/. 1.88
2.17	Extintor de 6 Kg.	Und.	1	6.00	8	S/. 250.00	S/. 0.22	S/. 1.74
ITEM	EPPS CONSUMIBLES				UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO PARCIAL S./
2.18	Traje tyvek				und.	1	S/. 15.00	S/. 15.00
2.019	Guantes de nitrilo				par	1	S/. 3.50	S/. 3.50
TOTAL EQ. MAQ. HERRAMIENTAS								S/. 33.80
3	EQUIPOS, MAQUINARIAS Y HERRAMIENTAS PARA EL SERVICIO							
ITEM	DESCRIPCIÓN Y MARCA	UNIDAD	CANTIDAD	VIDA UTIL POR MES	HORA UTILIZADA	PRECIO UNITARIO S./	DEPERSIACION POR HORA S./	COSTO PARCIAL S./
3.01	Pistola de pintar	Und.	1	6	8	S/. 124.00	S/. 0.11	S/. 0.86
3.02	Esmeril de 4.5"	Und.	1	12	8	S/. 450.00	S/. 0.20	S/. 1.56
3.03	Compresora	Und.	1	12	8	S/. 800.00	S/. 0.35	S/. 2.78
3.04	Maquina de soldar Miller de 350 A	Und.	1	24	8	S/. 12,000.00	S/. 2.60	S/. 20.83
3.05	Turbineta.	Und.	1	12	8	S/. 450.00	S/. 0.20	S/. 1.56
3.06	Tablero	Und.	1	12	8	S/. 600.00	S/. 0.26	S/. 2.08
3.07	Extension monofascia	m	50	12	8	S/. 15.00	S/. 0.01	S/. 2.60
3.08	Mesa de Trabajo	Und.	1	24	8	S/. 850.00	S/. 0.18	S/. 1.48
3.09	Herramientas manuales						3.00%	S/. 13.92
TOTAL EQ. MAQ. HERRAMIENTAS								S/. 47.68

4	RELACION DE MATERIALES E INSUMOS PARA EL SERVICIO					
ITEM	DESCRIPCION Y MARCA	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO S./	PRECIO PARCIAL S./	
4.01	Electrodo E70T-1	Kg.	1	S/. 12.50	S/. 12.50	
4.02	Disco de corte de 4"	Und.	2	S/. 7.50	S/. 15.00	
4.03	Disco de desbaste de 4"	Und.	1	S/. 7.50	S/. 7.50	
4.04	Pintura epoxica	Gal.	0.25	S/. 70.00	S/. 17.50	
4.05	Diluyente epoxico	Gal.	0.25	S/. 65.00	S/. 16.25	
4.06	Thinner	Gal.	1	S/. 17.50	S/. 17.50	
4.07	Eje Solido de 3/4" de diametro	Und.	3	S/. 15.00	S/. 45.00	
4.08	Tubo de 1 1/2"	Und.	1	S/. 65.00	S/. 65.00	
4.09	Materia prima de Polimero	Und.	1	S/. 50.00	S/. 50.00	
4.10	Trapo Industrial	Kg.	1	S/. 1.50	S/. 1.50	
TOTAL MATERIALES E INSUMOS					S/. 247.75	

5	SUB CONTRATOS					
ITEM	DESCRIPCION Y MARCA	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO S./	PRECIO PARCIAL S./	
5.01	Movilizacion compras de Insumos y Alquiler de Equipos	Global.	1	S/. 100.00	S/. 100.00	
5.02	Servicio de Inyeccion de Polimero	Und.	1	S/. 50.00	S/. 50.00	
5.03	Fabricacion de Matriz de Inyeccion	Und.	1	S/. 150.00	S/. 150.00	
5.04	Alquiler de Vibrometro y Certificacion de Pruebas	Dia.	1	S/. 350.00	S/. 350.00	
5.05	Alquiler de Apisonador Vertical	Dia.	2	S/. 100.00	S/. 200.00	
TOTAL MATERIALES E INSUMOS					S/. 850.00	

6	RESUMEN (Todos los costos no incluyen I.G.V.)					
ITEM	RUBRO					PRECIO PARCIAL S./
1	REMUNERACIONES					S/. 464.00
2	EQUIPO DE PROTECCIÓN DE SEGURIDAD					S/. 25.35
3	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					S/. 23.84
4	MATERIALES E INSUMOS					S/. 247.75
5	SUB CONTRATOS					S/. 850.00
COSTO DIRECTO TOTAL(sin IGV) en SOLES					S/. 1,610.94	
GASTOS GENERALES				8%	S/. 128.88	
UTILIDAD				5%	S/. 80.55	
SUB TOTAL					S/. 1,820.36	
IGV				18%	S/. 327.67	
TOTAL					S/. 2,148.03	

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 6

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN.

Durante el desarrollo de la tesis se estuvieron realizando visitas a campo con la finalidad de la obtención de mediciones directas con Vibro metro para obtener datos cuantitativos sobre la exposición a la que está expuesta el personal con la operación de herramientas de poder, se realizaron mediciones con varias pruebas de por medio para la obtención de los siguientes resultados.

Los resultados obtenidos de la medición de vibración, sin ningún tipo de sistema de mitigación fueron los siguientes:

6.1. Resultados de Medición de vibración de diferentes materiales.

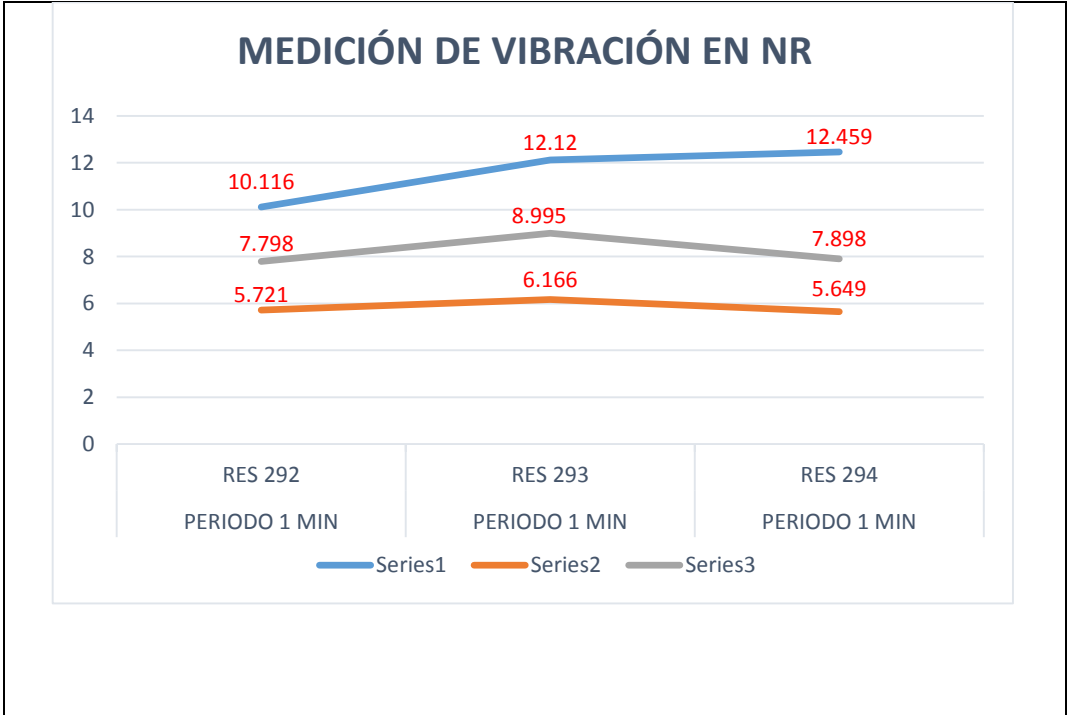
A. Polisopreno natural- NR

Tabla 13. Medición de vibraciones en RM.

16:10:49-16:11:49	16:11:49-16:12:49	16:12:49-16:13:49	Promedio
PERIODO 1 MIN	PERIODO 1 MIN	PERIODO 1 MIN	
RES 292	RES 293	RES 294	
10.116	12.12	12.459	11.288
5.721	6.166	5.649	5.845
0.079	0.083	0.072	0.078
7.798	8.995	7.898	8.230
0.093	0.108	0.102	0.101
Promedio	4.7614	7.581	8.669

Fuente: Elaboración Propia.

Fig. 19. Medición de vibración en RM.



Fuente: Elaboración Propia.

INTERPRETACIÓN: En la siguiente grafica podemos inferir que cuando el apisonador está trabajando con el manillar con el elastómero natural NR, tenemos una reducción considerada de las vibraciones con un valle de 10.116 m/s² (con dureza de 50-55 SHORE) debido a que los elastómeros CON MENOR DUREZA absorben mejor las vibraciones.

Para más información consultar los anexos de REPORTE DE MEDICIONES RES 292, RES 293, RES 294

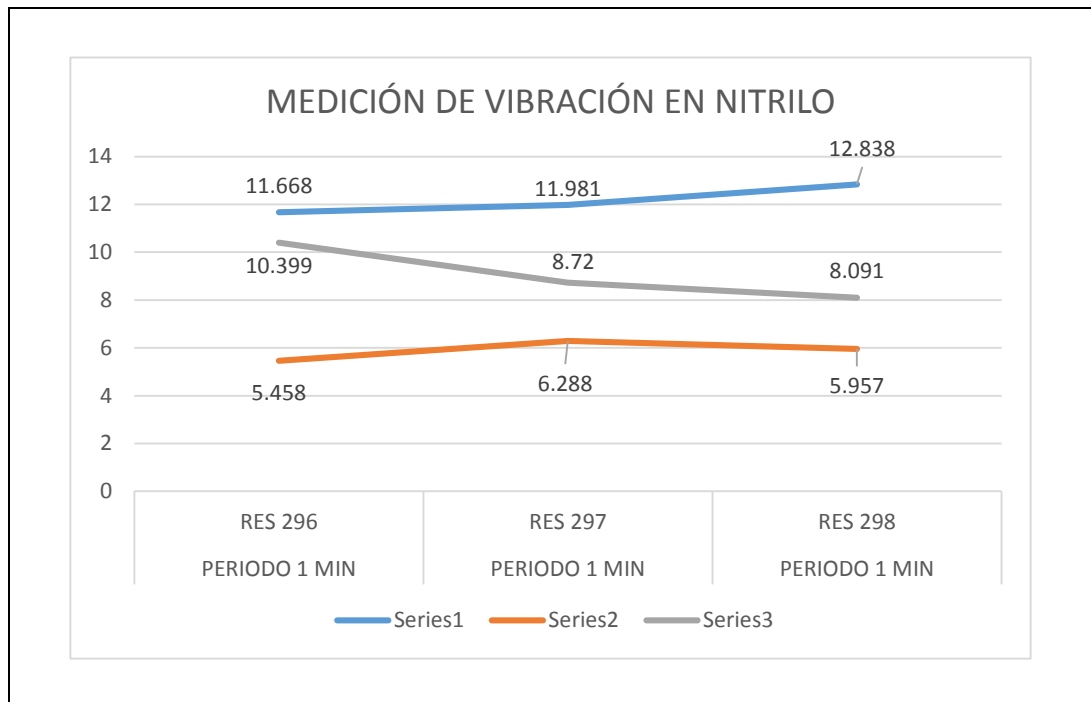
B. Medición de vibración, nitrilo

Tabla 14. Medición de vibraciones en nitrilo.

16:23:01- 16:24:01	16:24:01-16:25:01	16:25:01-16:26:01	Promedio
PERIODO 1 MIN	PERIODO 1 MIN	PERIODO 1 MIN	
RES 296	RES 297	RES 298	
11.668	11.981	12.838	12.142
5.458	6.288	5.957	5.901
0.077	0.085	0.079	0.080
10.399	8.72	8.091	9.07
0.139	0.109	0.105	0.117
Promedio	5.548	5.436	5.414

Fuente: Elaboración Propia.

Fig. 20. Medición de vibración en nitrilo.



Fuente: Elaboración Propia.

INTERPRETACIÓN: En la siguiente grafica podemos inferir que cuando el apisonador está trabajando con el manillar con el elastómero de nitrilo, tenemos una reducción media de las vibraciones con un valle de 11.668 m/s^2 (con dureza de 55-60 SHORE) debido a que los elastómeros CON MAYOR DUREZA absorben menos las vibraciones.

Para más información consultar los anexos de REPORTE DE MEDICIONES RES 296, RES 297, RES 298

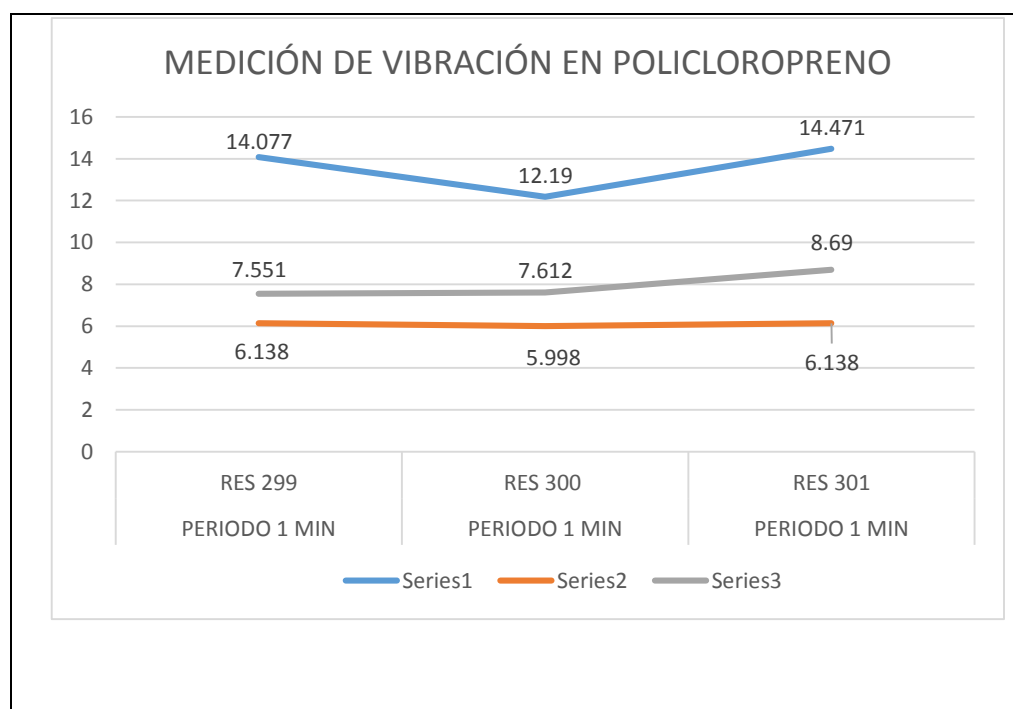
C. Medición de vibración Policloropreno.

Tabla 15. Medición de vibración Policloropreno.

16:32:16-16:33:16	16:33:16-16:34:16	16:34:16-16:35:16	Promedio
PERIODO 1 MIN	PERIODO 1 MIN	PERIODO 1 MIN	
RES 299	RES 300	RES 301	
14.077	12.19	14.471	14.274
6.138	5.998	6.138	6.091
0.083	0.079	0.081	0.081
7.551	7.612	8.69	7.951
0.098	0.096	0.109	0.101
Promedio 9.255	6.805	10.305	

Fuente: Elaboración Propia.

Fig. 21. Medición de vibración Policloropreno.



Fuente: Elaboración Propia.

INTERPRETACIÓN: En la siguiente grafica podemos inferir que cuando el apisonador está trabajando con el manillar con el elastómero de Policloropreno, tenemos una reducción leve de las vibraciones con un valle de 12.19 m/s² (con dureza de 60-65

SHORE) debido a que los elastómeros CON MAYOR DUREZA absorben menos las vibraciones.

6.2. Comparación de mediciones de los diferentes prototipos

Podemos observar que la comparación de la medición de vibración de los diferentes materiales:

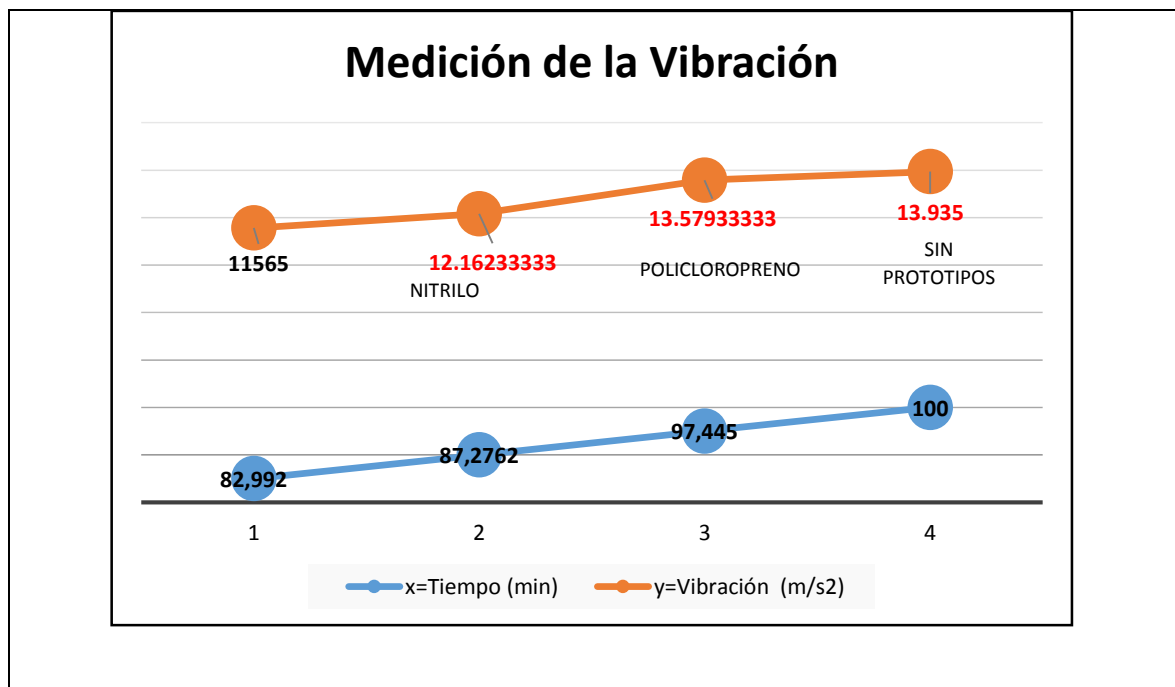
- Medición en Polisopreno
- Medición en nitrilo
- Medición en Policloropreno
- Medición sin Prototipo

Tabla 16. Comparación de mediciones de los diferentes prototipos.

Elastómero	SIN	POLIISOPRENO	NITRILO	POLICLOROPRENO
PROTOTIPO				
Promedio	13.93544444	11.56522222	12.16233333	13.57933333
% de Reducción	100%	82.99%	87.28%	97.44%
Total Reducción	0%	17.01%	12.72%	2.56%

Fuente: Elaboración Propia.

Fig. 22. Comparación de mediciones de los diferentes prototipos.



Fuente: Elaboración Propia.

INTERPRETACIÓN: Podemos observar que nuestro material propuesto (polisopreno. Caucho natural NR), es más efectivo absorbiendo la vibración que los diferentes materiales con un valor de 11.565 m/s² con una reducción del (82,992%) 17% en comparación de la medición de vibración sin prototipos que es 13.935 m/s².

Según los datos obtenidos podemos ver que nuestro prototipo con el elastómero natural o Polisopreno cumple con las normativas presentes en nuestro país de acuerdo con el DS-024 2016 EM que nos dice para la medición de vibración mano-brazo a exposiciones menores de una hora el límite máximo de vibración debe ser de 12 m/s² (para más datos consultar anexos).

En la obtención del resultado, se presentan valores adquiridos en las mediciones en campo en estos elastómeros propuesto en la cual el resultado fue un promedio de 11.625 m/s² (Polisopreno), 12.16 m/s² (Nitrilo) 13.57 m/s² (Policloropreno) y 13.93 m/s² (sin prototipo) en una determinación de exposición en la que tomo en consideración los operadores que estuvieron expuestos a vibraciones mano brazo,

durante la jornada laboral. Estos resultados fueron almacenados y procesados por el vibrómetro (SVANTEK , Modelo SV106 A)

Tabla 17. Datos de medición.

AREA	MEDICIÓN(TIEMPO)
3 m², terreno libre	Polisopreno-3min
3 m², terreno libre	Nitrilo-3min
3 m², terreno libre	Policloropreno-3min
3 m², terreno libre	Sin prototipos-3 min

Fuente: Elaboración Propia.

Interpretación: En correlación de la imagen anterior (fig24), comparación de mediciones de los diferentes prototipos, se cita la siguiente tabla con la finalidad de demostrar el tamaño del área de compactación por cada material y poder así, tener igualdad de condiciones en los tres elastómeros propuestos, en la cual tuvimos preponderancia a la hora de observar resultados y determinar que el Polisopreno es el material que más redujo vibraciones en nuestra investigación.

6.3. Comprobación de hipótesis (t de student)

Comparación de dos grupos de mediciones (antes de la implementación del prototipo de manillar y después de la implementación) con respecto a la reducción del riesgo físico que causan las vibraciones después de haber realizado.

Tabla 18 Datos de mediciones con y sin prototipo.

Datos					
Grupo 1: Antes del prototipo			Grupo 2: Después del prototipo		
14.26	14.12	13.425	10.116	12.12	12.459
8.466	9.289	9.498	7.798	8.995	7.898
7.274	7.301	6.518	5.721	6.166	5.649

Fuente: Elaboración propia

Las hipótesis que se contemplan son:

$H_1: \bar{X}_1 < \bar{X}_2 = H_1: \bar{X}_1 - \bar{X}_2 < 0$ Se espera una diferencia negativa

$H_0: \bar{X}_1 \geq \bar{X}_2 = H_0: \bar{X}_1 - \bar{X}_2 \geq 0$ La diferencia será positiva o mínima

Para proceder a la prueba comenzamos por anotar el número de datos, la media y la varianza de cada grupo, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 19 Media y varianza de los grupos.

Cálculo	Grupo 1	Grupo 2
n	9	9
\bar{X}_1	10.0168	8.5469
S^2	9.6001	6.7211
S	3.0984	2.59.25
EE de la media	1.4698	1.346

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver, la media de la primera muestra es menor que la media de la segunda muestra, como lo propone la hipótesis alterna, por lo que procedemos a medir qué tan grande es la diferencia entre las medias. Como primer paso obtendremos los intervalos de confianza del 95% para las medias de ambos grupos:

Tabla 20 Confiabilidad

Cálculo	Grupo 1	Grupo 2
\bar{X}_1	10.0168	8.5469
IC	8.0568	6.5869
	11.9768	10.5069

Fuente: Elaboración propia

Esta relación puede apreciarse en la siguiente gráfica. El punto central representa la media de cada grupo y los bigotes se extienden a los límites superior e inferior del intervalo de confianza respectivo.

En segundo lugar, examinamos las varianzas para ver si se cumple la condición de homoscedasticidad. En este caso el valor W de Levene es de 0.6213 con 1 y 16 grados de libertad. Como el valor crítico es $F=2.119$ podemos continuar asumiendo que las varianzas son homogéneas y calcular el error estándar de la distribución muestral de diferencias a partir de la combinación de varianzas con la fórmula

$$\sigma_{dif} = \sqrt{\frac{SC_1 + SC_2}{n_1 + n_2 - 2} \left(\frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2} \right)}$$

Dando como resultado:

Tabla 21 Resultados t de student.

Cálculo	Resultado
Dif	1.469
EE_{dif}	1.3466
T de student	1.09151605
Grados de libertad	15.51
Sig.	p > 0.05
P(T<=t) una cola	0,145605179
Valor crítico de t (una cola)	1,745883676
P(T<=t) dos colas	0,291210358
Valor crítico de t (dos colas)	2,119905299
Varianza agrupada	8,160584653

Fuente: Elaboración propia.

La diferencia entre ambos grupos es significativa con $p > 0.05$ para una prueba bilateral, por lo que se puede considerar que la implementación del prototipo de manillar a base de polisopreno si tuvo incidencia en la reducción o minimización de vibraciones, lo cual disminuyó la exposición de los operadores a riesgos físicos.

CONCLUSIONES

PRIMERA. - En toda empresa dedicada al rubro de construcción que hacen uso del apisonador vertical los operadores se encuentran expuestos a vibraciones, los resultados obtenidos de las mediciones realizadas sin prototipo como línea base se obtuvo como promedio 13.935 m/s^2 , la exposición del personal operativo supera los límites máximos permisibles establecido por el D.S. 024 (12 m/s^2) para 1 hora de exposición.

SEGUNDA. - Todo elastómero posee propiedades físicas, químicas, mecánicas y ambientales que lo caracterizan de acuerdo a las funciones que estos cumplen; considerando los elastómeros evaluados (Polisopreno, Policloropreno, Nitrilo) resulto que el Polisopreno presentó mejores condiciones para el acoplo durante el ensamblaje teniendo como principales características la Resistencia a la Abrasión, flexión, Resilencia, siendo este el mejor material ya que, las propiedades que tiene frente a la absorción de las vibraciones es una de las más importantes, el rango de dureza de 40 a 85 ShA, Alargamiento de rotura máxima (650), Rango de temperatura (-20 a 80 °C), Temperatura de rigidez -30 a - 45, Elasticidad a 100 °C.

TERCERA. - Se realizaron las mediciones y dimensionamiento de las piezas para el armado de manillar para lo que se invirtió un monto total de S/. 2,148.03, tomándose el material del Polisopreno, ya que, presentó mejores condiciones para el acoplo durante el ensamblaje teniendo como principales características la Resistencia a la Abrasión y Adhesión a los metales

CUARTA. - Se determinó que durante las mediciones de vibraciones con el manillar montado de los tres tipos de elastómeros (Polisopreno, Policloropreno, Nitrilo), el que tuvo un mejor comportamiento fue el polisopreno, dándose igualdad de condiciones, tiempo y de terreno compactado que fue de 3 m² (3 tres pruebas de 1" cada una de ellas tiempo de compactación) se desarrolló en un campo de capas de relleno.

QUINTA. - La medición de vibración con el uso del prototipo a base del Polisopreno es de 11.565 m/s² con una reducción del 17% en comparación de la medición de vibración sin prototipo que es 13.935 m/s²; del neopreno que es de 13.58 m/s², seguido del Nitrilo que fue un resultado del 12.16 m/s², siendo el del Polisopreno el que cumple la reducción de la vibración.

RECOMENDACIONES

PRIMERA. - Se recomienda realizar mediciones periódicas en los operadores que desarrollan actividades de compactación con el uso del apisonador vertical para verificar si están dentro de los límites normales (permisibles) o sobrepasan los índices de vibraciones permitidas por la norma.

SEGUNDA. - Es recomendable, revisar y evaluar nuevos polímeros que puedan salir al mercado (propiedades físicas, químicas, mecánicas y ambientales) para optimizar la eficiencia de las características para la absorción de la vibración y sean tomados en cuenta para estudios posteriores.

TERCERA. - El uso del prototipo propuesto puede ser ampliado en otras partes del apisonador vertical por ejemplo en la zapata, ya que, absorbería mejor las vibraciones de la maquina como unidad, por lo que, se recomienda evaluar el costo beneficio de ello y realizar la ampliación del mismo.

CUARTA. - Es recomendable tener un mejor control de la emisión de vibración del apisonador, verificar las mediciones de temperatura, aceites, etc, para dar una óptima vida útil.

QUINTA. - Así como, el diseño del prototipo de manillar a base de polisopreno funcionó y logró reducción la exposición a las vibraciones, se recomienda evaluar y aplicar el mismo procedimiento a los diferentes tipos de herramientas de uso frecuente que generen vibración a los operadores durante su aplicación.

ANEXOS

ANEXO 1. MEDICIONES

DATE: 4/22/2019 1:04:42 PM RES302

Tabla 22. Reporte de medición sin manillar.

Project name	Certus - Arequipa
Author name	Joan Gordillo Calle
Location	Arequipa
User name	Aníbal Chávez Cuellar
Task	Compactación de suelo
Comment	Se compactaron 3 m 2

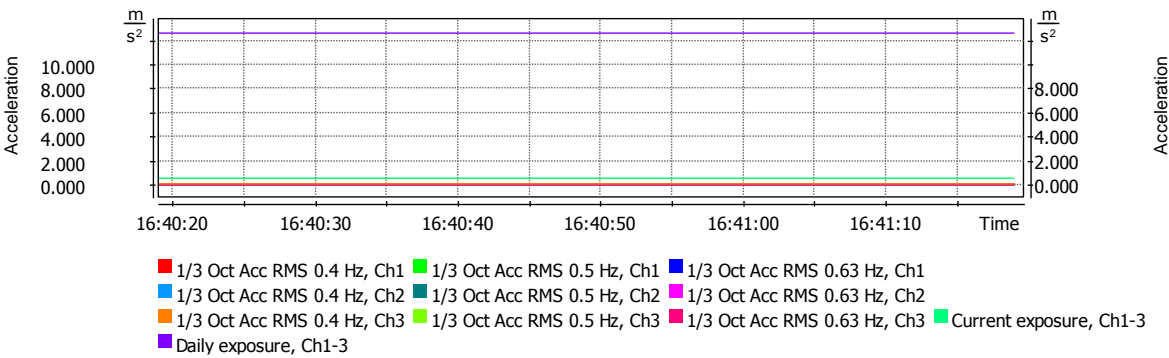
Instrument configuration

Measurement start	29/11/2018 16:40:19
Measurement stop	29/11/2018 16:41:19
Unit type	SV 106 ^a
Unit S/N	59254
Software version	4.01
Integration period	1 m
Leq/RMS integration	Linear

Total results

		No.	1	2
		Start date & time	29/11/2018 16:40:19	29/11/2018 16:40:19
		Duration	00:01:00.000	00:01:00.000
			Elapsed time 1 m	Integration period 1 m
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	Peak [m/s ²]	56.169	56.169
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	P-P [m/s ²]	108.019	108.019
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	RMS [m/s ²]	14.26	14.26
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	CRF	6.412	6.412
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	Peak [m/s ²]	29.040	29.040
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	P-P [m/s ²]	56.299	56.299
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	RMS [m/s ²]	7.274	7.274
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	CRF	5.029	5.029
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Peak [m/s]	0.363	0.363
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	P-P [m/s]	0.712	0.712
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Max [m/s]	0.152	0.152
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	RMS [m/s]	0.079	0.079
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	CRF	4.629	4.629
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	Peak [m/s ²]	45.551	45.551
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	P-P [m/s ²]	82.509	82.509
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	RMS [m/s ²]	8.466	8.466
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	CRF	6.539	6.539
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Peak [m/s]	0.530	0.530
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	P-P [m/s]	0.953	0.953
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Max [m/s]	0.208	0.208
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	RMS [m/s]	0.091	0.091
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	CRF	5.794	5.794
Ch1-3		Current exposure [m/s ²]	0.575	0.575
Ch1-3		Daily exposure [m/s ²]	12.589	12.589
Ch1-3		EAV total time [hh:mm:ss]	00:18:54	00:18:54
Ch1-3		EAV time left [hh:mm:ss]	00:17:54	00:17:54
Ch1-3		ELV total time [hh:mm:ss]	01:15:39	01:15:39
Ch1-3		ELV time left [hh:mm:ss]	01:14:39	01:14:39

Logger results



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 23.Reporte de medición sin prototipo (II).

Reporte de Medición Sin Prototipo II
(Measurement Report)

DATE: 4/22/2019 1:04:42 PM RES 303

Project name	Certus – Arequipa
Author name	Joan Gordillo Calle
Location	Arequipa
User name	Aníbal Chávez Cuellar
Task	Compactación de suelo
Comment	Se compactaron 3 m 2

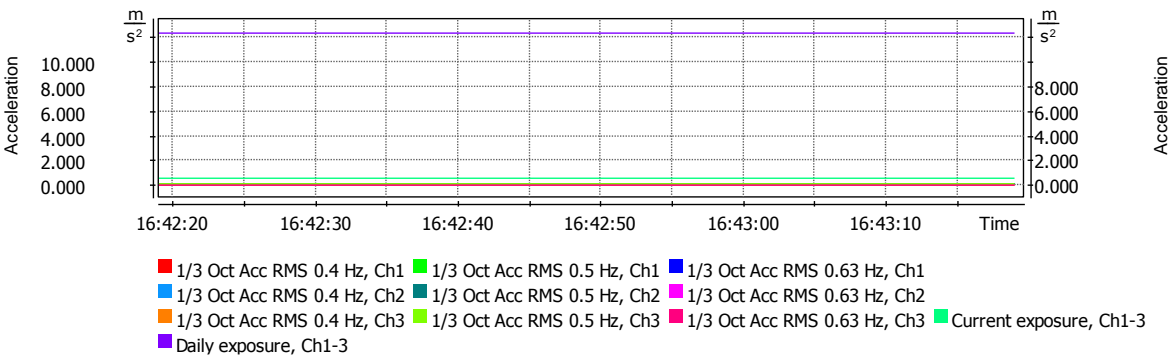
Instrument configuration

Measurement start	29/11/2018 16:41:19
Measurement stop	29/11/2018 16:42:19
Unit type	SV 106A
Unit S/N	59254
Software versión	4.01
Integration period	1 m
Leq/RMS integration	Linear

Total results

		No.	1	2
		Start date & time	29/11/2018 16:41:19	29/11/2018 16:41:19
		Duration	00:01:00.000	00:01:00.000
		Elapsed time 1 m		Integration period 1 m
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	Peak [m/s^2]	66.681	66.681
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	P-P [m/s^2]	115.345	115.345
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	RMS [m/s^2]	14.12	14.12
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	CRF	7.736	7.736
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	Peak [m/s^2]	32.063	32.063
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	P-P [m/s^2]	63.387	63.387
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	RMS [m/s^2]	7.301	7.301
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	CRF	5.527	5.527
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Peak [m/s]	0.466	0.466
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	P-P [m/s]	0.895	0.895
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Max [m/s]	0.181	0.181
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	RMS [m/s]	0.078	0.078
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	CRF	5.970	5.970
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	Peak [m/s^2]	33.612	33.612
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	P-P [m/s^2]	66.298	66.298
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	RMS [m/s^2]	9.289	9.289
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	CRF	4.315	4.315
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Peak [m/s]	0.463	0.463
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	P-P [m/s]	0.912	0.912
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Max [m/s]	0.186	0.186
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	RMS [m/s]	0.101	0.101
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	CRF	4.566	4.566
Ch1-3		Current exposure [m/s^2]	0.593	0.593
Ch1-3		Daily exposure [m/s^2]	12.987	12.987
Ch1-3		EAV total time [hh:mm:ss]	00:17:47	00:17:47
Ch1-3		EAV time left [hh:mm:ss]	00:16:47	00:16:47
Ch1-3		ELV total time [hh:mm:ss]	01:11:09	01:11:09
Ch1-3		ELV time left [hh:mm:ss]	01:10:09	01:10:09

Logger results



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 24. Reporte de Medición Sin Prototipo III.

DATE: 4/22/2019 1:04:42 PM RES304

Project name	Certus - Arequipa
Author name	Joan Gordillo Calle
Location	Arequipa
User name	Aníbal Chávez Cuellar
Task	Compactación de suelo
Comment	Se compactaron 3 m 2

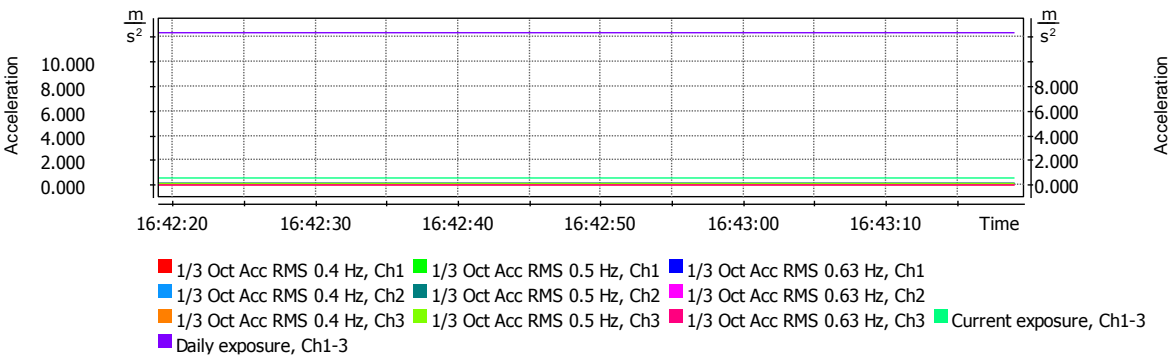
Instrument configuration

Measurement start	29/11/2018 16:42:19
Measurement stop	29/11/2018 16:43:19
Unit type	SV 106A
Unit S/N	59254
Software versión	4.01
Integration period	1 m
Leq/RMS integration	Linear

Total results

		No.	1	2
		Start date & time	29/11/2018 16:42:19	29/11/2018 16:42:19
		Duration	00:01:00.000	00:01:00.000
			Elapsed time 1 m	Integration period 1 m
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	Peak [m/s ²]	49.716	49.716
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	P-P [m/s ²]	87.700	87.700
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	RMS [m/s ²]	13.425	13.425
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	CRF	6.273	6.273
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	Peak [m/s ²]	31.010	31.010
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	P-P [m/s ²]	50.524	50.524
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	RMS [m/s ²]	6.518	6.518
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	CRF	6.180	6.180
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Peak [m/s]	0.312	0.312
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	P-P [m/s]	0.608	0.608
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Max [m/s]	0.112	0.112
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	RMS [m/s]	0.071	0.071
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	CRF	4.375	4.375
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	Peak [m/s ²]	37.584	37.584
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	P-P [m/s ²]	60.464	60.464
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	RMS [m/s ²]	9.498	9.498
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	CRF	4.699	4.699
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Peak [m/s]	0.419	0.419
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	P-P [m/s]	0.772	0.772
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Max [m/s]	0.144	0.144
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	RMS [m/s]	0.107	0.107
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	CRF	3.917	3.917
Ch1-3		Current exposure [m/s ²]	0.562	0.562
Ch1-3		Daily exposure [m/s ²]	12.331	12.331
Ch1-3		EAV total time [hh:mm:ss]	00:19:44	00:19:44
Ch1-3		EAV time left [hh:mm:ss]	00:18:44	00:18:44
Ch1-3		ELV total time [hh:mm:ss]	01:18:58	01:18:58
Ch1-3		ELV time left [hh:mm:ss]	01:17:58	01:17:58

Logger results



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 25. Reporte de Medición Polipropileno I.

DATE: 4/22/2019 1:04:42 PM RES 292

Project name	Certus - Arequipa
Author name	Joan Gordillo Calle
Location	Arequipa
User name	Aníbal Chávez Cuellar
Task	Compactación de suelo
Comment	Se compactaron 3 m 2

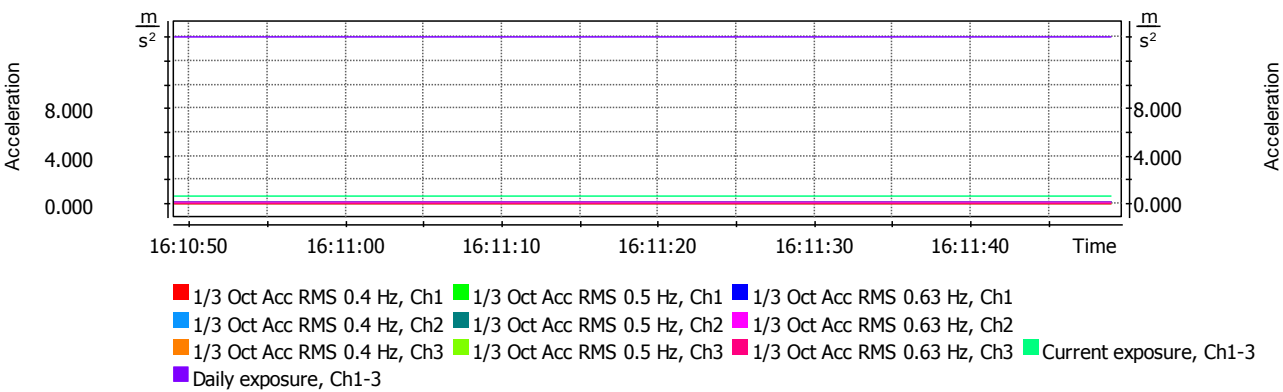
Instrument configuration

Measurement start	29/11/2018 16:10:49
Measurement stop	29/11/2018 16:11:49
Unit type	SV 106A
Unit S/N	59254
Software version	4.01
Integration period	1 m
Leq/RMS integration	Linear

Total results

		No.	1	2
		Start date & time	29/11/2018 16:10:49	29/11/2018 16:10:49
		Duration	00:01:00.000	00:01:00.000
			Elapsed time 1 m	Integration period 1 m
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	Peak [m/s ²]	54.954	54.954
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	P-P [m/s ²]	84.820	84.820
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	RMS [m/s ²]	10.116	10.116
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	CRF	5.433	5.433
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	Peak [m/s ²]	24.689	24.689
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	P-P [m/s ²]	47.973	47.973
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	RMS [m/s ²]	5.721	5.721
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	CRF	4.315	4.315
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Peak [m/s]	0.470	0.470
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	P-P [m/s]	0.876	0.876
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Max [m/s]	0.158	0.158
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	RMS [m/s]	0.079	0.079
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	CRF	5.963	5.963
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	Peak [m/s ²]	35.686	35.686
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	P-P [m/s ²]	68.077	68.077
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	RMS [m/s ²]	7.798	7.798
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	CRF	4.576	4.576
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Peak [m/s]	0.450	0.450
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	P-P [m/s]	0.769	0.769
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Max [m/s]	0.116	0.116
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	RMS [m/s]	0.093	0.093
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	CRF	4.819	4.819
Ch1-3		Current exposure [m/s ²]	0.639	0.639
Ch1-3		Daily exposure [m/s ²]	13.996	13.996
Ch1-3		EAV total time [hh:mm:ss]	00:15:18	00:15:18
Ch1-3		EAV time left [hh:mm:ss]	00:14:18	00:14:18
Ch1-3		ELV total time [hh:mm:ss]	01:01:15	01:01:15
Ch1-3		ELV time left [hh:mm:ss]	01:00:15	01:00:15

Logger results



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 26. Reporte de Medición Polisopreno II.

DATE: 4/22/2019 1:04:42 PM RES 293

Project name	Certus - Arequipa
Author name	Joan Gordillo Calle
Location	Arequipa
User name	Aníbal Chávez Cuellar
Task	Compactación de suelo
Comment	Se compactaron 3 m 2

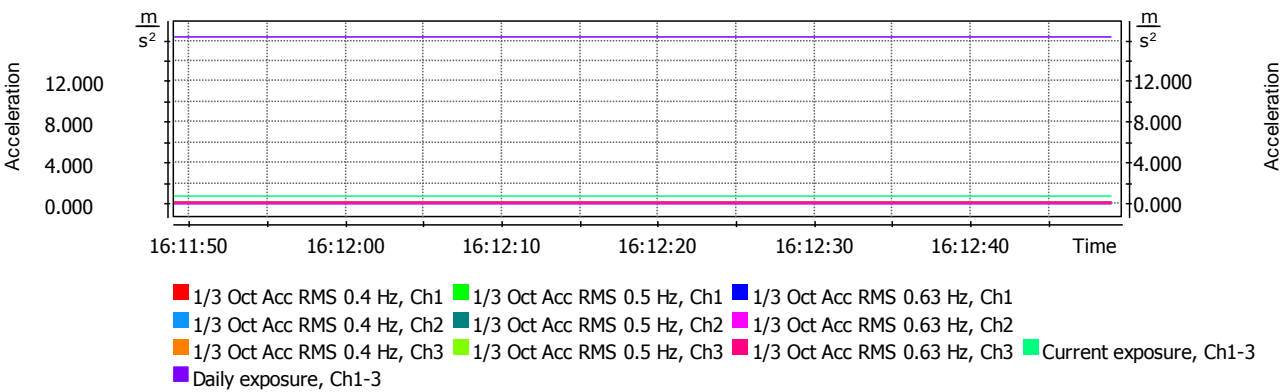
Instrument configuration

Measurement start	29/11/2018 16:11:49
Measurement stop	29/11/2018 16:12:49
Unit type	SV 106A
Unit S/N	59254
Software version	4.01
Integration period	1 m
Leq/RMS integration	Linear

Total results

		No.	1	2
		Start date & time	29/11/2018 16:11:49	29/11/2018 16:11:49
		Duration	00:01:00.000	00:01:00.000
			Elapsed time 1 m	Integration period 1 m
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	Peak [m/s ²]	53.456	53.456
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	P-P [m/s ²]	91.939	91.939
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	RMS [m/s ²]	12.120	12.120
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	CRF	4.411	4.411
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	Peak [m/s ²]	26.607	26.607
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	P-P [m/s ²]	50.234	50.234
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	RMS [m/s ²]	6.166	6.166
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	CRF	4.315	4.315
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Peak [m/s]	0.349	0.349
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	P-P [m/s]	0.694	0.694
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Max [m/s]	0.160	0.160
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	RMS [m/s]	0.083	0.083
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	CRF	4.227	4.227
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	Peak [m/s ²]	43.003	43.003
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	P-P [m/s ²]	72.444	72.444
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	RMS [m/s ²]	8.995	8.995
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	CRF	4.781	4.781
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Peak [m/s]	0.461	0.461
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	P-P [m/s]	0.887	0.887
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Max [m/s]	0.144	0.144
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	RMS [m/s]	0.108	0.108
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	CRF	4.290	4.290
Ch1-3		Current exposure [m/s ²]	0.744	0.744
Ch1-3		Daily exposure [m/s ²]	16.312	16.312
Ch1-3		EAV total time [hh:mm:ss]	00:11:17	00:11:17
Ch1-3		EAV time left [hh:mm:ss]	00:10:17	00:10:17
Ch1-3		ELV total time [hh:mm:ss]	00:45:08	00:45:08
Ch1-3		ELV time left [hh:mm:ss]	00:44:08	00:44:08

Logger results



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 27. Reporte de Medición Polisopreno III.

DATE: 4/22/2019 1:04:42 PM RES 294

Project name	Certus - Arequipa
Author name	Joan Gordillo Calle
Location	Arequipa
User name	Aníbal Chávez Cuellar
Task	Compactación de suelo
Comment	Se compactaron 3 m 2

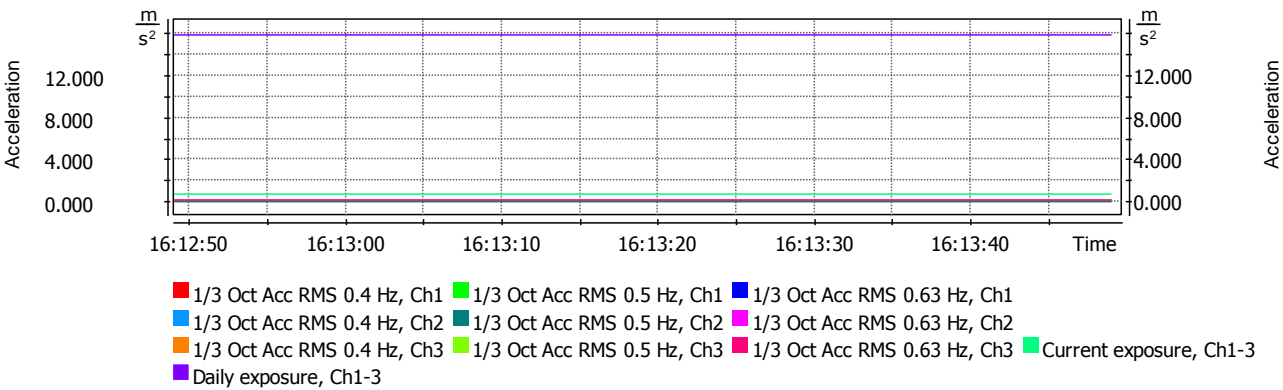
Instrument configuration

Measurement start	29/11/2018 16:12:49
Measurement stop	29/11/2018 16:13:49
Unit type	SV 106A
Unit S/N	59254
Software version	4.01
Integration period	1 m
Leq/RMS integration	Linear

Total results

		No.	1	2
		Start date & time	29/11/2018 16:12:49	29/11/2018 16:12:49
		Duration	00:01:00.000	00:01:00.000
			Elapsed time 1 m	Integration period 1 m
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	Peak [m/s ²]	54.075	54.075
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	P-P [m/s ²]	85.704	85.704
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	RMS [m/s ²]	12.459	12.459
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	CRF	4.340	4.340
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	Peak [m/s ²]	31.514	31.514
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	P-P [m/s ²]	62.589	62.589
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	RMS [m/s ²]	5.649	5.649
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	CRF	5.578	5.578
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Peak [m/s]	0.459	0.459
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	P-P [m/s]	0.853	0.853
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Max [m/s]	0.137	0.137
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	RMS [m/s]	0.072	0.072
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	CRF	6.346	6.346
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	Peak [m/s ²]	38.905	38.905
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	P-P [m/s ²]	68.549	68.549
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	RMS [m/s ²]	7.898	7.898
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	CRF	4.926	4.926
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Peak [m/s]	0.395	0.395
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	P-P [m/s]	0.769	0.769
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Max [m/s]	0.141	0.141
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	RMS [m/s]	0.102	0.102
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	CRF	3.890	3.890
Ch1-3		Current exposure [m/s ²]	0.721	0.721
Ch1-3		Daily exposure [m/s ²]	15.794	15.794
Ch1-3		EAV total time [hh:mm:ss]	00:12:01	00:12:01
Ch1-3		EAV time left [hh:mm:ss]	00:11:01	00:11:01
Ch1-3		ELV total time [hh:mm:ss]	00:48:05	00:48:05
Ch1-3		ELV time left [hh:mm:ss]	00:47:05	00:47:05

Logger results



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 28. Reporte de Medición Nitrilo I.
DATE: 4/22/2019 1:04:42 PM RES 296

Project name	Certus - Arequipa
Author name	Joan Gordillo Calle
Location	Arequipa
User name	Aníbal Chávez Cuellar
Task	Compactación de suelo
Comment	Se compactaron 3 m 2

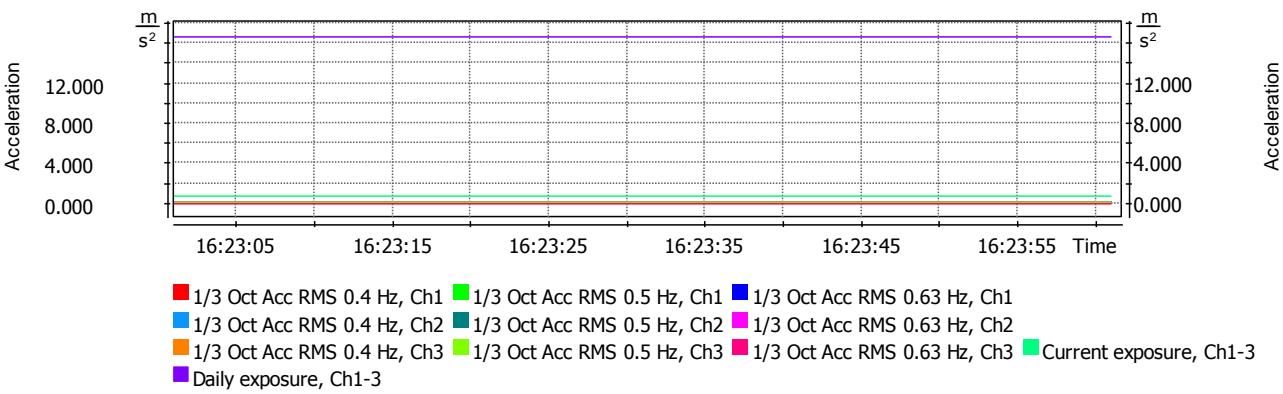
Instrument configuration

Measurement start	29/11/2018 16:23:01
Measurement stop	29/11/2018 16:24:01
Unit type	SV 106A
Unit S/N	59254
Software version	4.01
Integration period	1 m
Leq/RMS integration	Linear

Total results

		No.	1	2
		Start date & time	29/11/2018 16:23:01	29/11/2018 16:23:01
		Duration	00:01:00.000	00:01:00.000
			Elapsed time 1 m	Integration period 1 m
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	Peak [m/s^2]	56.364	56.364
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	P-P [m/s^2]	105.196	105.196
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	RMS [m/s^2]	11.668	11.668
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	CRF	4.831	4.831
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	Peak [m/s^2]	26.303	26.303
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	P-P [m/s^2]	48.417	48.417
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	RMS [m/s^2]	5.458	5.458
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	CRF	4.819	4.819
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Peak [m/s]	0.369	0.369
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	P-P [m/s]	0.665	0.665
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Max [m/s]	0.117	0.117
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	RMS [m/s]	0.077	0.077
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	CRF	4.764	4.764
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	Peak [m/s^2]	30.026	30.026
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	P-P [m/s^2]	53.641	53.641
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	RMS [m/s^2]	10.399	10.399
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	CRF	2.887	2.887
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Peak [m/s]	0.445	0.445
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	P-P [m/s]	0.810	0.810
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Max [m/s]	0.171	0.171
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	RMS [m/s]	0.139	0.139
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	CRF	3.199	3.199
Ch1-3		Current exposure [m/s^2]	0.756	0.756
Ch1-3		Daily exposure [m/s^2]	16.558	16.558
Ch1-3		EAV total time [hh:mm:ss]	00:10:56	00:10:56
Ch1-3		EAV time left [hh:mm:ss]	00:09:56	00:09:56
Ch1-3		ELV total time [hh:mm:ss]	00:43:47	00:43:47
Ch1-3		ELV time left [hh:mm:ss]	00:42:47	00:42:47

Logger results



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 29. Reporte de Medición Nitrilo II.

DATE: 4/22/2019 1:04:42 PM RES 297

Project name	Certus - Arequipa
Author name	Joan Gordillo Calle
Location	Arequipa
User name	Aníbal Chávez Cuellar
Task	Compactación de suelo
Comment	Se compactaron 3 m 2

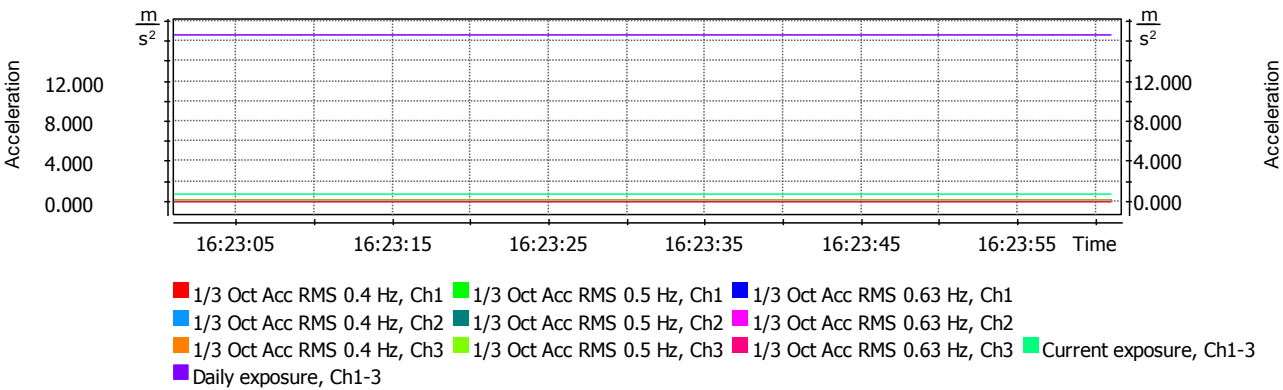
Instrument configuration

Measurement start	29/11/2018 16:23:01
Measurement stop	29/11/2018 16:24:01
Unit type	SV 106A
Unit S/N	59254
Software version	4.01
Integration period	1 m
Leq/RMS integration	Linear

Total results

		No.	1	2
		Start date & time	29/11/2018 16:23:01	29/11/2018 16:23:01
		Duration	00:01:00.000	00:01:00.000
			Elapsed time 1 m	Integration period 1 m
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	Peak [m/s ²]	56.364	56.364
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	P-P [m/s ²]	105.196	105.196
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	RMS [m/s ²]	11.668	11.668
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	CRF	4.831	4.831
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	Peak [m/s ²]	26.303	26.303
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	P-P [m/s ²]	48.417	48.417
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	RMS [m/s ²]	5.458	5.458
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	CRF	4.819	4.819
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Peak [m/s]	0.369	0.369
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	P-P [m/s]	0.665	0.665
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Max [m/s]	0.117	0.117
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	RMS [m/s]	0.077	0.077
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	CRF	4.764	4.764
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	Peak [m/s ²]	30.026	30.026
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	P-P [m/s ²]	53.641	53.641
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	RMS [m/s ²]	10.399	10.399
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	CRF	2.887	2.887
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Peak [m/s]	0.445	0.445
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	P-P [m/s]	0.810	0.810
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Max [m/s]	0.171	0.171
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	RMS [m/s]	0.139	0.139
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	CRF	3.199	3.199
Ch1-3		Current exposure [m/s ²]	0.756	0.756
Ch1-3		Daily exposure [m/s ²]	16.558	16.558
Ch1-3		EAV total time [hh:mm:ss]	00:10:56	00:10:56
Ch1-3		EAV time left [hh:mm:ss]	00:09:56	00:09:56
Ch1-3		ELV total time [hh:mm:ss]	00:43:47	00:43:47
Ch1-3		ELV time left [hh:mm:ss]	00:42:47	00:42:47

Logger results



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 30. Reporte de Medición Nitrilo III.
DATE: 4/22/2019 1:04:42 PM RES 298

Project name	Certus - Arequipa
Author name	Joan Gordillo Calle
Location	Arequipa
User name	Aníbal Chávez Cuellar
Task	Compactación de suelo
Comment	Se compactaron 3 m 2

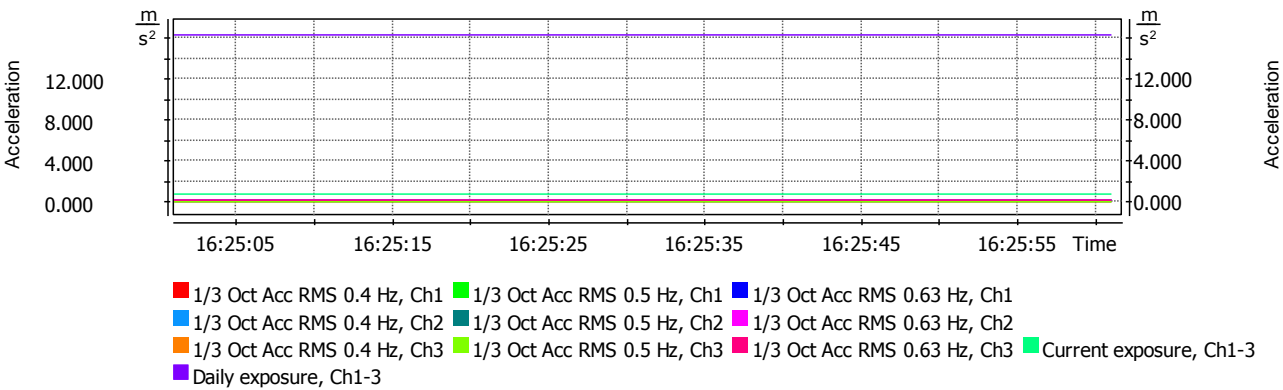
Instrument configuration

Measurement start	29/11/2018 16:25:01
Measurement stop	29/11/2018 16:26:01
Unit type	SV 106A
Unit S/N	59254
Software version	4.01
Integration period	1 m
Leq/RMS integration	Linear

Total results

		No.	1	2
		Start date & time	29/11/2018 16:25:01	29/11/2018 16:25:01
		Duration	00:01:00.000	00:01:00.000
			Elapsed time 1 m	Integration period 1 m
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	Peak [m/s^2]	58.884	58.884
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	P-P [m/s^2]	105.075	105.075
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	RMS [m/s^2]	12.838	12.838
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	CRF	4.587	4.587
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	Peak [m/s^2]	35.116	35.116
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	P-P [m/s^2]	55.783	55.783
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	RMS [m/s^2]	5.957	5.957
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	CRF	5.895	5.895
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Peak [m/s]	0.384	0.384
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	P-P [m/s]	0.754	0.754
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Max [m/s]	0.137	0.137
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	RMS [m/s]	0.079	0.079
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	CRF	4.853	4.853
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	Peak [m/s^2]	29.478	29.478
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	P-P [m/s^2]	56.299	56.299
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	RMS [m/s^2]	8.091	8.091
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	CRF	3.643	3.643
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Peak [m/s]	0.423	0.423
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	P-P [m/s]	0.836	0.836
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Max [m/s]	0.135	0.135
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	RMS [m/s]	0.105	0.105
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	CRF	4.009	4.009
Ch1-3		Current exposure [m/s^2]	0.744	0.744
Ch1-3		Daily exposure [m/s^2]	16.293	16.293
Ch1-3		EAV total time [hh:mm:ss]	00:11:17	00:11:17
Ch1-3		EAV time left [hh:mm:ss]	00:10:17	00:10:17
Ch1-3		ELV total time [hh:mm:ss]	00:45:09	00:45:09
Ch1-3		ELV time left [hh:mm:ss]	00:44:09	00:44:09

Logger results



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 31. Reporte de Medición Policloropreno I

DATE: 4/22/2019 1:04:42 PM RES 299

Project name	Certus - Arequipa
Author name	Joan Gordillo Calle
Location	Arequipa
User name	Aníbal Chávez Cuellar
Task	Compactación de suelo
Comment	Se compactaron 3 m 2

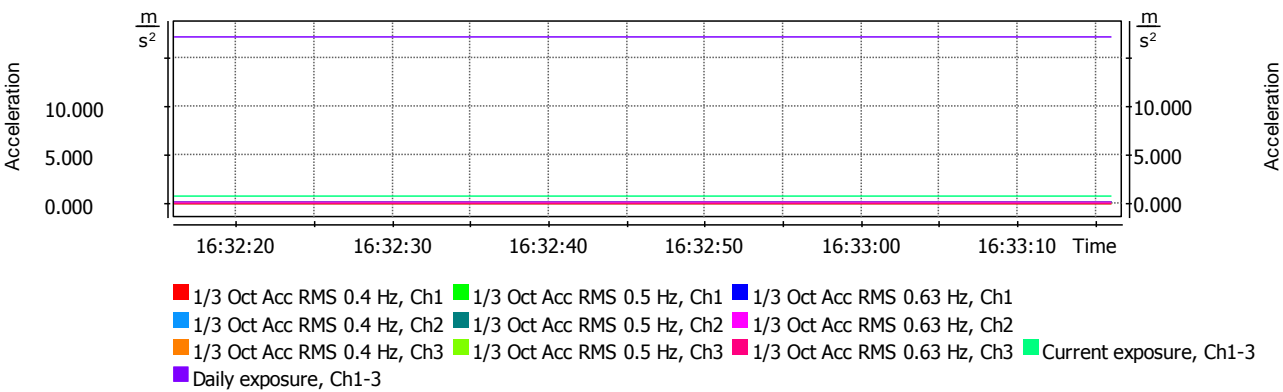
Instrument configuration

Measurement start	29/11/2018 16:32:16
Measurement stop	29/11/2018 16:33:16
Unit type	SV 106A
Unit S/N	59254
Software version	4.01
Integration period	1 m
Leq/RMS integration	Linear

Total results

		No.	1	2
		Start date & time	29/11/2018 16:32:16	29/11/2018 16:32:16
		Duration	00:01:00.000	00:01:00.000
			Elapsed time 1 m	Integration period 1 m
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	Peak [m/s^2]	71.285	71.285
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	P-P [m/s^2]	109.396	109.396
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	RMS [m/s^2]	14.077	14.077
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	CRF	5.064	5.064
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	Peak [m/s^2]	30.974	30.974
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	P-P [m/s^2]	56.364	56.364
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	RMS [m/s^2]	6.138	6.138
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	CRF	5.047	5.047
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Peak [m/s]	0.513	0.513
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	P-P [m/s]	0.934	0.934
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Max [m/s]	0.121	0.121
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	RMS [m/s]	0.083	0.083
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	CRF	6.166	6.166
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	Peak [m/s^2]	33.113	33.113
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	P-P [m/s^2]	64.938	64.938
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	RMS [m/s^2]	7.551	7.551
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	CRF	4.385	4.385
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Peak [m/s]	0.486	0.486
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	P-P [m/s]	0.959	0.959
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Max [m/s]	0.162	0.162
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	RMS [m/s]	0.098	0.098
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	CRF	4.943	4.943
Ch1-3		Current exposure [m/s^2]	0.781	0.781
Ch1-3		Daily exposure [m/s^2]	17.120	17.120
Ch1-3		EAV total time [hh:mm:ss]	00:10:14	00:10:14
Ch1-3		EAV time left [hh:mm:ss]	00:09:14	00:09:14
Ch1-3		ELV total time [hh:mm:ss]	00:40:58	00:40:58
Ch1-3		ELV time left [hh:mm:ss]	00:39:58	00:39:58

Logger results



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 32. Reporte de Medición Policloropreno II.

DATE: 4/22/2019 1:04:42 PM RES 300

Project name	Certus - Arequipa
Author name	Joan Gordillo Calle
Location	Arequipa
User name	Aníbal Chávez Cuellar
Task	Compactación de suelo
Comment	Se compactaron 3 m 2

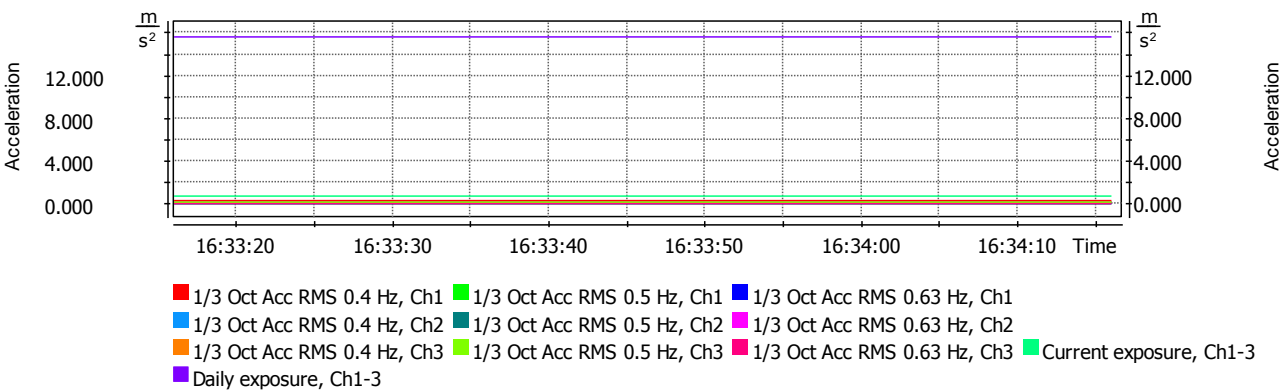
Instrument configuration

Measurement start	29/11/2018 16:33:16
Measurement stop	29/11/2018 16:34:16
Unit type	SV 106A
Unit S/N	59254
Software version	4.01
Integration period	1 m
Leq/RMS integration	Linear

Total results

		No.	1	2
		Start date & time	29/11/2018 16:33:16	29/11/2018 16:33:16
		Duration	00:01:00.000	00:01:00.000
			Elapsed time 1 m	Integration period 1 m
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	Peak [m/s^2]	67.920	67.920
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	P-P [m/s^2]	108.893	108.893
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	RMS [m/s^2]	12.190	12.190
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	CRF	5.572	5.572
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	Peak [m/s^2]	24.491	24.491
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	P-P [m/s^2]	48.697	48.697
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	RMS [m/s^2]	5.998	5.998
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	CRF	4.083	4.083
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Peak [m/s]	0.383	0.383
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	P-P [m/s]	0.710	0.710
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Max [m/s]	0.114	0.114
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	RMS [m/s]	0.079	0.079
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	CRF	4.819	4.819
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	Peak [m/s^2]	39.902	39.902
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	P-P [m/s^2]	71.450	71.450
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	RMS [m/s^2]	7.612	7.612
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	CRF	5.242	5.242
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Peak [m/s]	0.521	0.521
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	P-P [m/s]	0.995	0.995
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Max [m/s]	0.139	0.139
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	RMS [m/s]	0.096	0.096
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	CRF	5.408	5.408
Ch1-3		Current exposure [m/s^2]	0.710	0.710
Ch1-3		Daily exposure [m/s^2]	15.578	15.578
Ch1-3		EAV total time [hh:mm:ss]	00:12:22	00:12:22
Ch1-3		EAV time left [hh:mm:ss]	00:11:22	00:11:22
Ch1-3		ELV total time [hh:mm:ss]	00:49:28	00:49:28
Ch1-3		ELV time left [hh:mm:ss]	00:48:28	00:48:28

Logger results



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 33. Reporte de Medición Policloropreno III.

DATE: 4/22/2019 1:04:42 PM RES 301

Project name	Certus - Arequipa
Author name	Joan Gordillo Calle
Location	Arequipa
User name	Aníbal Chávez Cuellar
Task	Compactación de suelo
Comment	Se compactaron 3 m 2

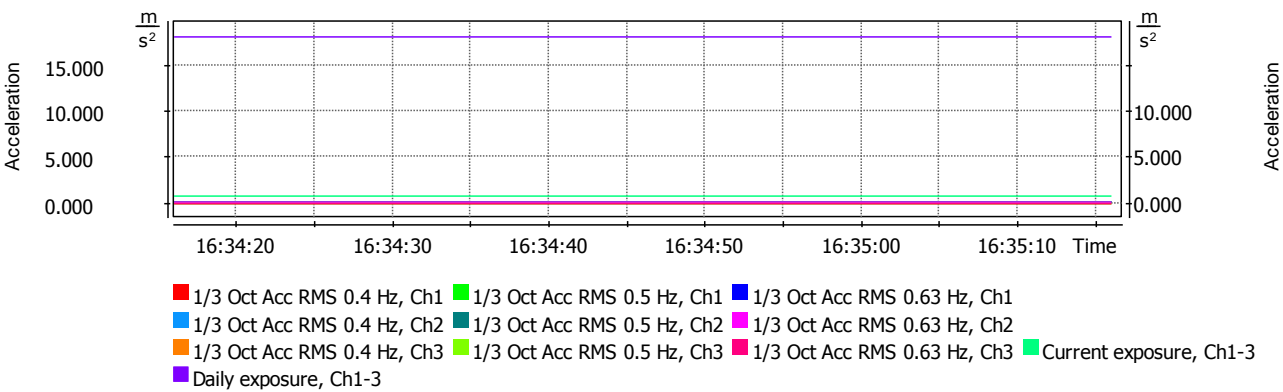
Instrument configuration

Measurement start	29/11/2018 16:34:16
Measurement stop	29/11/2018 16:35:16
Unit type	SV 106A
Unit S/N	59254
Software version	4.01
Integration period	1 m
Leq/RMS integration	Linear

Total results

		No.	1	2
		Start date & time	29/11/2018 16:34:16	29/11/2018 16:34:16
		Duration	00:01:00.000	00:01:00.000
			Elapsed time 1 m	Integration period 1 m
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	Peak [m/s^2]	82.985	82.985
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	P-P [m/s^2]	128.529	128.529
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	RMS [m/s^2]	14.471	14.471
Ch1 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	CRF	5.735	5.735
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	Peak [m/s^2]	31.696	31.696
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	P-P [m/s^2]	58.210	58.210
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	RMS [m/s^2]	6.138	6.138
Ch2 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	CRF	5.164	5.164
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Peak [m/s]	0.410	0.410
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	P-P [m/s]	0.793	0.793
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Max [m/s]	0.126	0.126
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	RMS [m/s]	0.081	0.081
Ch2 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	CRF	5.070	5.070
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	Peak [m/s^2]	50.992	50.992
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	P-P [m/s^2]	82.224	82.224
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	RMS [m/s^2]	8.690	8.690
Ch3 (VLM)	P1 (Wh, 1 s)	CRF	5.868	5.868
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Peak [m/s]	0.570	0.570
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	P-P [m/s]	0.957	0.957
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	Max [m/s]	0.175	0.175
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	RMS [m/s]	0.109	0.109
Ch3 (VLM)	P2 (Vel3, 1 s)	CRF	5.224	5.224
Ch1-3		Current exposure [m/s^2]	0.819	0.819
Ch1-3		Daily exposure [m/s^2]	17.968	17.968
Ch1-3		EAV total time [hh:mm:ss]	00:09:17	00:09:17
Ch1-3		EAV time left [hh:mm:ss]	00:08:17	00:08:17
Ch1-3		ELV total time [hh:mm:ss]	00:37:11	00:37:11
Ch1-3		ELV time left [hh:mm:ss]	00:36:11	00:36:11

Logger results



Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO 2- Certificado de calibración de vibrómetro



Página 1 de 1

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° PL-AE0309-05

1.- **CLIENTE:** E&L ENVIRONMENTAL CONSULTING SERVICES S.R.L.

2.- **DATOS DEL EQUIPO:**

INSTRUMENTO CALIBRADO: MEDIDOR DE VIBRACIONES (Acelerómetro para Mano-Brazo)
MARCA: SVANTEK RANGO DE MEDICION: 2000 m/s² PEAK
MODELO CONSOLA: SV106A SERIE CONSOLA: 59254
MODELO SENSOR: SV 105A CÓDIGO INTERNO: EL/VB/01
SERIE SENSOR: 66745 CONDICIÓN: USADO

3.- **LUGAR DE CALIBRACIÓN:** PAZ LABORATORIOS S.R.L.

4.- **FECHA DE CALIBRACIÓN:** 11-05-2018

5.- **CONDICIONES AMBIENTALES:**

INICIAL: TEMPERATURA: 22.1 °C HUMEDAD RELATIVA: 38.5 % PRESIÓN ATMOSFÉRICA: 768.0 mb
FINAL: TEMPERATURA: 21.0 °C HUMEDAD RELATIVA: 37.4 % PRESIÓN ATMOSFÉRICA: 768.5 mb

6.- **PROCEDIMIENTOS UTILIZADOS:**

Referencia de Procedimiento de acuerdo a manual de fabricante.
Reporte de valores.

7.- **PATRONES UTILIZADOS:**

DESCRIPCIÓN	MARCA/MODELO	SERIE/LOTE	
VENCIMIENTO			
TERMOHIGROMETRO	KESTREL/5500	2277546	30-12-2018
MINIESTACION METEOROLOGICA	KESTREL/5500	2277546	20-03-2019
BAROMETRO			
CALIBRADOR DE VIBRACIÓN	SVANTEK/SV111	66419	18-05-2018

8.- **RESULTADOS:**

Canales	Sensibilidad	Factor de calibración
Canal 1 (X)	50.1 V/(m/s ²)	10 mV/(m/s ²)= 52.4 dB (fr=15.92 Hz)
Canal 2 (Y)	50.1 V/(m/s ²)	10 mV/(m/s ²)= 55.0 dB (fr=15.92 Hz)
Canal 3 (Z)	50.1 V/(m/s ²)	10 mV/(m/s ²)= 56.6 dB (fr=15.92 Hz)

SEÑAL DE ENTRADA: 140 dB, FRECUENCIA: 79,58 HZ

Canales	Filtro	BL Wm
Canal 1 (X)	Indicación (dB)	110,45
	Error (dB)	-0,07
Canal 2 (Y)	Indicación (dB)	110,51
	Error (dB)	-0,00
Canal 3 (Z)	Indicación (dB)	110,48
	Error (dB)	-0,03

9.- **OBSERVACIONES:**

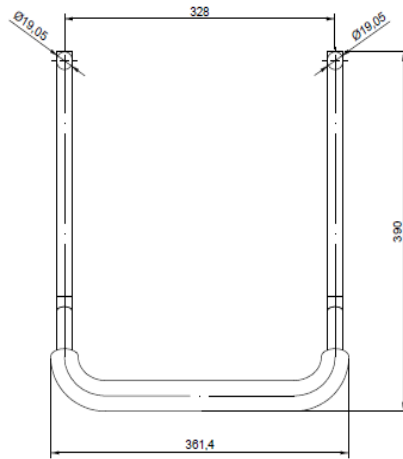
El certificado de calibración solo puede ser difundido completo y sin modificaciones, sin firma y sellos carecen de validez.
Paz Laboratorios no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este equipo.

Arequipa, 11 de mayo del 2018

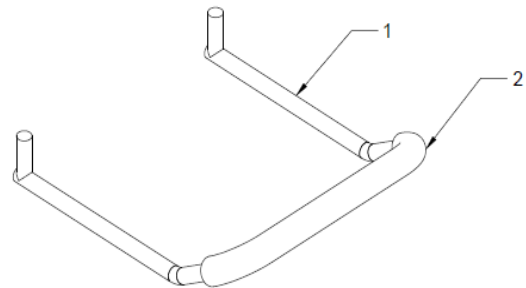
Edwin Edgardo Paz Gonzales
REPRESENTANTE LEGAL
PAZ LABORATORIOS S.R.L.

Eduardo Toranzo Chacón
TÉCNICO RESPONSABLE
PAZ LABORATORIOS S.R.L.

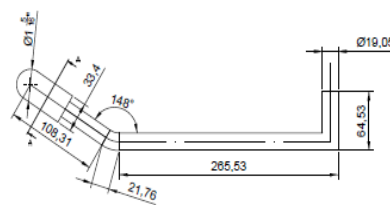
ANEXO 3- Plano de fabricación de manillar.



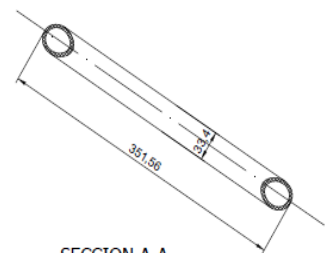
VISTA SUPERIOR
ESCALA 1:4



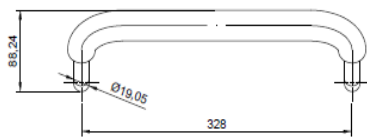
VISTA SUPERIOR ISOMERICA
ESCALA 1:4



VISTA LATERAL
ESCALA 1:4



SECCION A-A
ESCALA 1:4



VISTA PERFIL
ESCALA 1:4

02	01	Cubierta de Caucho Sintetico	Polisopreno	Ø1 3/4"	
01	01	Alma de Acero	ASTM A-36	Ø3/4"	
Item	CANT	DESIGNACION	MATERIAL	Dimensiones	OBSERVACIONES
Universidad Tecnologica del Peru <small>FACULTAD DE INGENIERIA</small>					
Dib.	07-02-19	ANIBAL CHAVEZ C.	Esc.	MODIFIC.	PLANO N° 0001
Rev.	07-02-19	Joan Gordillo C.			CODIGO 0001

Prototipo de manillar a base de
Polisopreno

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Organización Mundial de la Salud , «Causa de una Enfermedad Ocupacional,» 1997. [En línea]. Available: <https://www.who.int/whr/1997/es/>. [Último acceso: 2019 02 11].
- [2] D. Juárez, R. Balart, F. Santiago y D. García, «Estudio , análisis y clasificación de elastómeros termoplásticos,» *3 Ciencias*, pp. 3-22, 2012.
- [3] IDEARA, SL, Vibraciones mecánicas. Factores relacionados con la fuente y medidas de control, España: Confederación de Empresarios de Pontevedra(CEP), 2014.
- [4] Real Decreto 1311/2005, Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos con las vibraciones mecánicas., Ministerio de Trabajo e Inmigración, 2005.
- [5] A. Aguila, «Procedimiento de Evaluación de Riesgos Ergonómicos y Psicosociales,» de *Vibraciones*, pp. 44-111.
- [6] Norma ISO 2631-1, Vibraciones y choques mecánicos, Madrid, España: Asociación Española de Normalización y Certificación, 2008.
- [7] Institute Standar Organization, *Norma ISO 5349*, 2002.
- [8] N. Benítez, *Medición y analisis de señales de vibraciones mecánicas y su efecto en la salud y el confort*, México D.F., 2011.
- [9] VII Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo, Condiciones de trabajo, Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2011.

- [10] Aislamiento y Estanqueidad Erica, S.L., «Acerca de nosotros: Aislamiento y Estanqueidad Erica, S.L.,» 2018. [En línea]. Available: <http://www.eric.es/web/caucho-natural/>. [Último acceso: 12 noviembre 2018].
- [11] J. Cherné y A. Gonzáles, Construcciones Industriales, vol. 5° Ingeniería Industrial, pp. 8-144.
- [12] F. Revolorio, *Incidencia de resultados del ensayo proctor por la influencia del clima, humedad, equipo y superficie de base de compactación durante su desarrollo*, Guatemala, 2013.
- [13] Real Academia Española (RAE), Asociación de academias de la lengua Española.
- [14] Parro.ar, «Diccionario de Arquitectura y Construcción,» Parro. Ar, 2018. [En línea]. Available: <http://www.parro.com.ar/definicion-de-compactaci%F3n>. [Último acceso: 25 10 2018].
- [15] Parro.ar, «Diccionrio de Arquitectura y construcción,» 2018. [En línea]. Available: <http://www.parro.com.ar/definicion-de-compactaci%F3n>. [Último acceso: 25 10 2018].
- [16] J. A. Martinez, Elastómeros. Resistencia de materiales., Costa Rica, 2015.
- [17] J. Pérez y M. Merino, «Definición de Prototipo,» Definición.de Word Press, 2013. [En línea]. Available: <https://definicion.de/prototipo/>. [Último acceso: 25 10 2018].
- [18] J. Pérez y A. Gardey, «Definición de Higiene Ocupacional,» Definición.de Word Press, 2008. [En línea]. Available: <https://definicion.de/salud-ocupacional/>. [Último acceso: 25 10 2018].
- [19] pce-instruments, «vibrometro,» [En línea]. Available: https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/vibrometro-kat_70584_1.htm. [Último acceso: 19 10 2018].
- [20] L. Bilurbina y F. Lieza, MAteriales no mecánicos resistentes a la corrosión, Barcelona, España: Marcombo, 1990.
- [21] C. Bernad y J. J. Sánchez, «Interempresas,» 24 04 2009. [En línea]. Available: <http://www.interempresas.net/ObrasPublicas/Articulos/30889-Sistemas-reduccion-ruido-vibraciones-maquinaria-construccion-obras-publicas.html>. [Último acceso: 20 12 2018].
- [22] V. Rodríguez, «Getzner engineering a quiet future,» [En línea]. Available: <https://www.getzner.com/es/temas-especializados/reduccion-de-vibraciones-en-la-construccion-de-maquinas-e-instalaciones>. [Último acceso: 20 12 2018].

- [23] D. Szwedowicz, P. Espino, E. Martínez, J. Bedolla y C. Cortés, Banco experimental para pruebas de impacto de un amortiguador tipo elastomero, Morelia, 2005.
- [24] J. Solano, «Ergonomía y productividad,» *Industrial Data*, nº 1-3, p. 3.
- [25] G. White, Introducción al Análisis de Vibraciones, USA: Azima DLI, 2010.
- [26] Ministerio de Trabajo y Previsión Social de Chile, «Factores de Riesgos Ergonomicos».
- [27] M. Á. Chipa Saavedra , «Ventajas comparativas en las propiedades físico químicas, mecánicas y medio ambientales de los adhesivos de Policloropreno en dispersión acuosa y en base solvente.,» Universidad Nacional del Callao, Perú, 2015.
- [28] R. X. Lizano Acevedo, «Diseño de un programa de prevención para operadores de montacargas expuestos a vibraciones cuerpo entero en industrias de la ciudad de Quito.,» Universidad Internacional Sek, Ecuador, 2012.
- [29] L. A. Valdiviezo Guzmán, «Estudio de vibración producida por maquinaria minera en la salud de los trabajadores en la unidad minera BREAPAMPA.,» Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú, 2014.
- [30] R. W. Sáenz Nuñuvero, Diseño de un modelo de evaluación del riesgo por exposición a vibraciones de cuerpo entero para operadores de equipo pesado en mina de tajo abierto., Lima, Perú: Universidad Nacional de ingeniería, 2012.
- [31] A. L. Borjas Chunga, Estudio de la influencia de las vibracionesde baja magnitud sobre las osteopatías en el ser humano, Piura, Perú: Universidad de Piura, 2013.
- [32] K. E. Hucke Zapata, Medición y evaluación de la exposición a vibraciones causadas por labores mineras, Valdivia, Chile: Universidad austral de Chile, 2010.
- [33] J. I. Ramírez Bravo, Influencia del ruido y vibraciones sobre la fatiga laboral de operadores de grúas horquilla del rubro industrial Madedero, Los Ángeles, Chile: Universidad de Concepción Campus Los Ángeles, 2018.
- [34] J. M. Santurio Díaz, J. Rodríguez Carbadillo y E. Arguelles Bayón, Estudio de la exposición a vibraciones mano- brazo en el trabajo con máquinas, Universidad de Oviedo, 2006.
- [35] G. D. J. Arias Castro y C. Martínez Oropeza , Evaluación de la exposición al riesgo por vibraciones en el segmento mano- brazo en compañías del sector metal mecánico, Colombia: Universidad Autónoma de occidente, 2016.

- [36] A. R. Salazar Peña, Estudio del ruido laboral y vibraciones en el proceso de acabado de la empresa la fortaleza CIA LTDA. De la Ciudad de Ambato, Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de ambato, 2016.
- [37] J. V. Alfaro Ruiz, Programa para el control de la exposición a vibraciones de cuerpo entero en los operadores de montacargas del complejo portuario Gastón Kogán, JAPDEVA, limón, Costa rica, Cartago, Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2016.
- [38] A. E. Lasluisa Garcés, Evaluación de vibraciones de cuerpo completo en los trabajadores que manipulan el equipo caminero del H. Gobierno Provincial de Tungurahua, Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, 2017.
- [39] G. A. Acosta Parrado y M. A. Moreno Cáceres, Síndrome de Raynaud ocasionado por el uso de herramientas que emiten vibración, Bogotá, Colombia, 2008.
- [40] C. A. Ramos Romero, Relación de la exposición a vibraciones de cuerpo entero y la presencia de trastornos musculoesqueléticos, en operarios de maquinaria pesada en la obra civil, Quito, Ecuador: Universidad Tecnológica Equinoccial, 2014.
- [41] G. Pérez López, Exposición laboral a vibraciones de mano brazo y de cuerpo entero, Murcia: Instituto de Seguridad y Salud Laboral, 2011.
- [42] A. A. Gómez Fredes, Determinación en terreno de la transmisibilidad en asientos de gruas de horquilla y su efecto en la exposición ocupacional a vibración de cuerpo entero, Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile, 2014.
- [43] Y. D. Daza Ponciano, O. K. Rojas Bohuytron y C. N. Silvestre Isidro, Percepción de los riesgos físicos por vibraciones de los operadores de maquinaria pesada en el consorcio vial Selva Central Huanuco, mayo 2018, Lima, Perú: Universidad Peruana Cayetano Heredia, 2018.
- [44] J. L. Díaz Espinoza, Mitigación de vibraciones mediante la simulación numérica directa (DNS), a campo lejano en una mina a tajo abierto- 2018, Perú: Universidad Privada del Norte, 2018.
- [45] F. Arias, El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica. 6a Edición., Caracas, Venezuela: Editorial Episteme, C.A., 2012.
- [46] R. H. Sampieri, Metodología de la investigación, México: Mc Graw Hill, 2014.